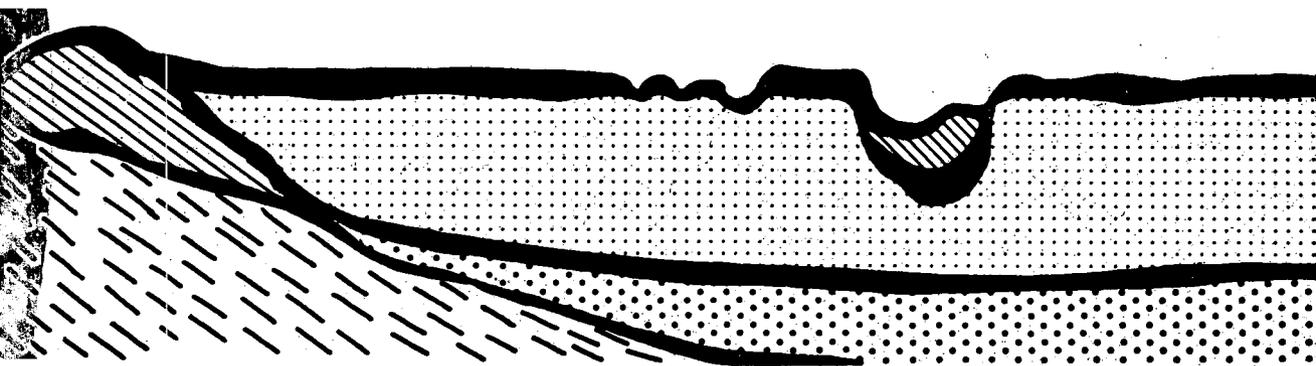


GEOLOGIA REGIONAL
GEOQUIMICA DEL DRENAJE
MINERIA

DE LA PROVINCIA DE
VALDIVIA



FRANCISCO DI BIASE F.
FERNANDA LILLO R.



Instituto de investigación de recursos naturales

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES — 1973
INSCRIPCION Nº 40596 — Santiago . Chile

Impresores Sociedad de Artes Gráficas CEPCO Ltda.
Diseño Gráfico M. Angélica Dumay

Dejó de recorrer este mundo a fines de 1971.

Sean estas líneas un postrer homenaje a Fernanda Lillo Ramírez, geólogo, quién estuvo asociada al trabajo de IREN desde sus comienzos, contribuyendo con su esfuerzo a desentrañar de la tierra el secreto de la existencia de recursos minerales.

Hace un año que bruscamente nos dejó para siempre, nos queda el recuerdo de su sonrisa, de su optimismo y de su confianza en el futuro. Al desaparecer dejó tres trabajos inéditos, dos de los cuales se entregan en esta publicación.

Al dar a luz sus investigaciones, es como una prolongación del gran cariño que sentimos por ella, por todo lo que amó, por su optimismo y compañerismo que supimos apreciar a lo largo de siete años que estuvo junto a IREN.

Fernanda, recibe esto como un cálido homenaje de tus compañeros de labores y de tus amigos de IREN.

Santiago, Noviembre de 1972.

I N D I C E G E N E R A L

	<u>Págs.</u>
PRESENTACION	1
GEOLOGIA REGIONAL	Francisco Di Biase Ferone
INTRODUCCION	3
RESUMEN	4
1.- PRECAMBRICO y/o PALEOZOICO	5
1.1. Basamento Cristalino	5
1.1.1. Unidad Occidental (Tirúa)	6
1.1.2. Unidad Central (Mahuilque)	7
Espesor, edad y correlaciones	8
1.2. Rocas Intrusivas	9
1.3. Rocas Ultrabásicas	9
2.- PALEOZOICO	10
2.1. Formación Panguipulli (Triásico Superior y/o Paleozoico Superior)	10
Espesor, edad y correlaciones	11
3.- MESOZOICO	12
3.1. Formación Tralcán (Triásico Superior)	12
Espesor, edad y correlaciones	12
3.2. Formación Curarrehue (Cretácico Superior—Senoniano)	13
3.3. Rocas Graníticas (Cretácico Superior)	15
Espesor, edad y correlaciones	18

4.—	CENOZOICO	18
4.1.	Terciario	18
4.1.1.	Capas de San Pedro (Eoceno Superior)	19
4.1.2.	Estratos de Pupunahue (Oligoceno – Mioceno)	20
	Espesor, edad y correlaciones	20
4.1.3.	Formación Chol–Chol (Mioceno)	21
	Espesor, edad y correlaciones	23
4.1.4.	Serie Efusiva Máfica (Terciario Superior – Plioceno)	24
4.1.4.1.	Vulcanitas de Valle	26
	Espesor, edad y correlaciones	27
5.—	CUATERNARIO	27
5.1.	Lavas Modernas (Andesitas y Basaltos)	27

GEOQUIMICA DEL DRENAJE

Fernanda Lillo Ramirez

1.—	ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO	30
1.1.	Características Geoquímicas de los elementos investigados	30
1.1.1.	Cobre	30
1.1.2.	Cinc	31
1.1.3.	Molibdeno	31
1.2.	Metodología Empleada	32
2.—	GEOLOGÍA Y MINERALIZACION	34
3.—	RESULTADOS OBTENIDOS	35
3.1.	Cobre	35
3.2.	Cinc	37
3.3.	Molibdeno	39

4.- CONCLUSIONES	41
(Areas de posible interes minero)	42

MINERIA

Fernanda Lillo Ramirez

INTRODUCCION	43
1.- GEOLOGIA Y MINERALIZACION	44
1.1. Precámbrico y/o Paleozoico	44
1.2. Paleozoico	46
1.3. Mesozoico	46
1.4. Cenozoico	47
2.- YACIMIENTOS MINERALES	49
2.1. Metálicos	49
2.1.1. Antimonio	49
2.1.2. Cobre	51
2.1.3. Cromo y Níquel	53
2.1.4. Hierro	56
2.1.5. Manganeso	58
2.1.6. Oro	61
2.2. No Metálicos	63
2.2.1. Arcillas	63
2.2.2. Asbestos	67
2.2.3. Azufre	70
2.2.4. Carbón	73
2.2.5. Diatomita	77
2.2.6. Talco	80
3.- CONCLUSIONES	82
ANEXOS:	84
BIBLIOGRAFIA.	92

PRESENTACION

A comienzos del año 1970 el Instituto de Investigación de Recursos Naturales, inició un estudio integrado de los recursos naturales de la provincia de Valdivia con el objeto de entregar a los organismos de planificación nacional y regional antecedentes respecto al uso actual y uso potencial de los recursos disponibles y evaluar donde existe un uso equilibrado y donde el uso está produciendo un deterioro del recurso o un subuso del mismo.

Con el objeto de obtener los objetivos planteados, en la investigación, se realizó un análisis de las variables físicas y económicas de los recursos naturales disponibles en la región. Como parte del estudio integrado correspondió estudiar los antecedentes relacionados con la Geología y los Recursos Mineros de la provincia, cuyos resultados se presentan en esta publicación.

El estudio de Geología regional realizado por el geólogo Francisco Di Biase tuvo por finalidad mapear las diferentes formaciones geológicas, correlacionar éstas con los diferentes tipos de rocas y analizar la historia geológica en la provincia de Valdivia con el objetivo final de que este informe sirviera de apoyo al estudio de muestreo geoquímico de sedimentos del drenaje, al estudio de minería y al análisis de otras variables como suelos, vegetación y agua.

El segundo estudio se refiere al análisis geoquímico de sedimentos del drenaje realizado por la geóloga Fernanda Lillo. Para realizar esta investigación se efectuó un muestreo geoquímico regional del drenaje con el objeto de obtener un índice del grado de mineralización de las diferentes formas geológicas que afloran en la provincia y completar esto con antecedentes referentes a la minería. Los resultados obtenidos permitieron delimitar áreas de interés minero en cobre, cinc y molibdeno.

Finalmente, en el estudio de la minería en Valdivia se analiza la realidad actual y las perspectivas mineras de Valdivia. Con el objeto de realizar esta investigación se efectuaron trabajos en terreno, entrevistas a profesionales del sector público y privado vinculados con la minería de la provincia. Se describe la evolución geológica de la región, los depósitos de carácter metálico y no metálico que se generan en el curso de ella. Los resultados obtenidos permite señalar que hay una carencia de prospección y estudios detallados de minería. La única excepción la constituyen los conocimientos sobre la minería del oro, recurso que fue explotado intensamente a fines del siglo pasado y a comienzos de este; conocimientos de yacimientos de hierro que han sido detectados por métodos aeromagnéticos.

Es nuestro deseo que la entrega de esta publicación contribuya a orientar investigaciones más detalladas en aquellos sectores donde existen posibilidades de recursos mineros, estudios de detalle que deberán ser realizados por instituciones de investigación especializados en este recurso. Solamente a través de un conocimiento cabal del recurso natural se podrá implementar proyectos de desarrollo económico de impacto regional o nacional.

Finalmente, se deja constancia de la valiosa colaboración que se obtuvo en la realización de estas investigaciones, por parte de las autoridades de la provincia, tanto de Gobierno como Universitarias. Un agradecimiento especial a los investigadores de la Escuela de Geología de la Universidad de Chile y del Instituto de Investigaciones Geológicas, quienes discutieron y aportaron comentarios valiosos al estudio. Por último un sincero agradecimiento a todos los pobladores de Valdivia quienes de manera directa o indirecta hicieron posible la realización de esta investigación.

René Saa Vidal
Subdirector

Nicolo Gligo Viel
Director Ejecutivo

**GEOLOGIA REGIONAL
DE LA PROVINCIA DE
VALDIVIA**

FRANCISCO DI BIASE FERONE (geólogo)

INTRODUCCION

La Provincia de Valdivia situada aproximadamente entre los paralelos 39°30' y 40°40' lat. Sur, posee una superficie de 18.472,5 Km². El presente informe constituye el aporte geológico al estudio integrado de la Provincia de Valdivia, con el objeto de reunir la información básica necesaria para futuros estudios de planificación nacional y es similar al realizado previamente en la Provincia de Cautín.

En la elaboración del presente estudio hemos utilizado la información existente, en la que destaca el trabajo del geólogo alemán, Sr. Henning Illies K. "Geología de la Región de Valdivia, Chile", los trabajos del Instituto de Investigaciones Geológicas, que se citan en la bibliografía, y el estudio hecho por nuestro instituto en la Provincia de Cautín, a cargo del geólogo, Sr. Arturo Hausser Y. Este último ha sido de gran utilidad en la confección de este informe, ya que varias de las unidades geológicas se prolongan más al Sur de su límite político, encontrándose buenos ejemplos en la Provincia de Valdivia.

Durante la campaña de terreno, efectuada en la temporada de verano 1969 — 1970, se contó con la colaboración en algunas zonas del geólogo Sr. Arturo Hauser Y. y del estudiante de geología Sr. Aníbal Gajardo C. en calidad de ayudante.

El estudio de muestras al microscopio fue realizado por los Srs. Francisco Hervé, Estanislao Godoy, Leonidas Chávez y Francisco Munizaga, investigadores del Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

Como base cartográfica se emplearon las hojas de la carta preliminar del Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1:250.000 con curvas de nivel cada 1.000 Pies (304.8m.).

En la determinación de algunos ejemplares de flora fósil, se contó con la colaboración del Museo Nacional de Historia Natural, que por intermedio de los geólogos Sra. Valeria Ascárate y Sr. Armando Fasola, expertos en paleobotánica, clasificaron las muestras de vegetales fósiles obtenidas en la provincia.

Especial agradecimiento me merecen los geólogos del Departamento de Geología Srs. Francisco Hervé y Juan Varela, quienes leyeron y criticaron el manuscrito.

El autor expresa, su sincera gratitud a todas las personas que de una manera u otra contribuyeron al buen término de este trabajo.

RESUMEN

En la región estudiada se describen formaciones metamórficas, sedimentarias y volcánicas, cuya ubicación estratigráfica es la siguiente:

CUATERNARIO		Sedimentos fluvio-glaciales, glaciolacustres, lacustres y fluviales.
CUATERNARIO		Lavas modernas principalmente andesitas y basaltos de augita y olivina.
	PLIOCENO ?	Serie Efusiva Máfica (lavas andesíticas y basálticas.
TERCIARIO SUPERIOR	MIOCENO—PLIOCENO ?	Formación Chol-Chol (lutitas, limolitas y areniscas finas, fosilíferas. Marino.
TERCIARIO SUPERIOR y/o INFERIOR	OLIGOCENO—MIOCENO?	Estratos de Pupunahue (conglomerados y areniscas arcillosas.) Continental
TERCIARIO INFERIOR	EOCENO ?	Capas de San Pedro (Areniscas y lutitas). Continental.
CRETACICO SUPERIOR	SENONIANO ?	Intrusivo Granítico Formación Curarrehue (rocas volcánicas y sedimentario volcánicas, andesitas y basaltos). Continental.
TRIASICO SUPERIOR		Formación Tralcán (Conglomerados y lutitas) Continental
TRIASICO SUP. y/o PALEOZOICO SUP.		Formación Panguipulli (Pizarras, filitas, conglomerados, areniscas y cuarcitas).
PALEOZOICO y/o PRECAMBRICO		Unidad Tirúa Basamento Cristalino Unidad Mahuilque

Las rocas del Basamento Cristalino se caracterizan por tener rumbos y buzamientos sin una orientación preferencial. Los esquistos micáceos constituyen su litología dominante; dentro de este basamento y asociadas con la unidad Tirúa existen una serie de rocas intrusivas, ultrabásicas, derivadas del metamorfismo regional de grado medio a alto de rocas ígneas básicas y de sedimentos calcáreos.

Otro grupo de rocas metamórficas presentes en la provincia constituyen la Formación Panguipulli, la cual se distingue del Basamento Cristalino principalmente por su diferente litología. El contacto entre ambas, estaría oculto bajo el relleno fluvio-glacial del valle longitudinal, los rumbos de esta formación son generalmente N.NE. y sus manteos muy cercanos a la vertical.

Rocas graníticas ocupan una gran parte de la cordillera andina, no observándolas en aquellas áreas donde están recubiertas por la actividad volcánica moderna. Este cuerpo granítico de edad cretácica superior, intruye las formaciones, Panguipulli, Tralcán y Curarrehue y ha sido originado por procesos magmáticos y de granitización.

El Terciario está representado por la formación Chol-Chol e incluye además los estratos de Catamutun, Estratos de Pupunahue, Capas de San Pedro, Estratos de San José y Estratos de Máfil.

La Serie Efusiva Máfica que comprende un conjunto de lavas y piroclástico andesíticos y/o basálticos se dispone en posición horizontal a sub-horizontal, discordante sobre rocas graníticas o sobre formaciones más antiguas.

Lavas modernas principalmente andesitas y basaltos constituyen el volcanismo de tipo central Holocén ico-Reciente.

La estructura en general de las rocas expuestas en la región estudiada, consiste principalmente en pliegues y fallas, más complejos cuanto más antiguas son las formaciones.

1.— Precámbrico y/o Paleozoico.

1.1. Basamento Cristalino.

El Basamento Cristalino en la Provincia de Valdivia está constituido principalmente por esquistos micáceos, pizarrosos, arcillosos y cloríticos, que representan a su vez diversos grados de metamorfismo. En menor proporción se observan pizarras y filitas.

Estas rocas metamórficas, geográficamente ocupan una zona que se extiende de norte a sur en la Cordillera de la Costa, más allá del límite con la Provincia de Osorno, encontrándose sus exposiciones más orientales en las proximidades del Lago Calafquén. Al S.E. limita con una importante formación sedimentaria denominada "Formación Chol-Chol" y su límite occidental está demarcado por el Océano Pacífico, en forma de una línea de costa escarpada y rectilínea, interrumpida en algunas partes por la desembocadura de sistemas fluviales de importancia como lo son; de Norte a Sur, el Río Mehuín, el Río Calle-Calle o Valdivia y el Río Chaihuín. En algunas zonas desaparece bajo el relleno cuaternario de la depresión central, como sucede entre Valdivia y San José de la Mariquina y al Sureste de Máfil, en cambio, en Chanchan, al Sur de Corral y al Sur de la desembocadura del Río Chaihuín, principalmente, está en

contacto intrusivo con rocas graníticas mesozoicas. Topográficamente no alcanza alturas muy significativas, siendo el cerro de las Animas con 1.500 m.s.n.m. y el cerro Mirador con 975 m.s.n.m. las más relevantes. En general el relieve es disectado a moderadamente ondulado con numerosas quebradas y con un diseño de avenamiento característico, que hace relativamente fácil delimitar esta formación mediante técnicas de fotointerpretación.

La composición mineralógica es muy diversa y se pueden distinguir dos unidades principales que se describen a continuación.

1.1.1. Unidad Occidental. (Tirúa)

Está formada por esquistos de color verde de cuarzo-albita-clorita-anfíbola-epidota que podrían corresponder originalmente a lavas espilíticas; esquistos negros de cuarzo-hematita-muscovita, esquistos de cuarzo-clorita-albita y cuarcitas muy puras. (1)

Las mejores exposiciones las encontramos en la parte occidental de la Cordillera de la Costa, a pesar de que se encuentra aflorando además en otras zonas.

A ambos lados del camino que une San José de la Mariquina y Mehuín, en el sector de El Lingue, afloran esquistos, verde-rojizos, muy alterados, (oxidados) y exfoliados, atravesados por algunas guías de cuarzo de no más de 3 cms. de espesor y con fracturación intensa. Poco más al Oeste del río Lingue, estas rocas se tornan más compactas y densas asemejándose a una cuarcita.

Hacia Mehuín, cerca del estero Lllico, se presentan los mismos esquistos, asociados con esquistos compactos y densos. A la entrada de Mehuín en el lado norte del camino, afloran esquistos verdosos-cloríticos, densos con abundantes nódulos de cuarzo ligeramente lenticulares que se disponen por lo general paralelamente a la foliación. El rumbo y manteo es de N 25° W-50° W.

En la localidad de Chanchan, (en la Cordillera de la Costa) afloran esquistos verdes, amarillentos, muy descompuestos, plegados y fracturados y con finas guías de cuarzo de no más de 3 mm. de ancho. Asociados con éstos esquistos, se presentan gneisses y anfibolitas:

La muestra FD. 45 pertenece a un gneiss cataclástico que al microscopio presenta: cuarzo, feldespato (albita) clorita, epidota, andalusita y esfeno como minerales principales, y como accesorios, apatita y minerales opacos, posiblemente magnetita; varios cristales presentan señales de redondeamiento.

En el camino nuevo que une Valdivia con el balneario de Niebla, 7 Kms. al W de Torobayo, aflora un esquisto micáceo, con abundantes nódulos de cuarzo de hasta 15 cms. de diámetro, en parte bastante alterado y con algunos lentes de areniscas. Asociados con él, observamos un esquisto de color gris verdoso el cual no presenta cuarzo, ni en guías, ni en nódulos.

En la zona de Corral, observamos esquistos de color gris-verdoso que se presentan en parte alterados, por lo cual adquieren un color amarillento. La exfoliación es muy acentuada y se observan intercalaciones de capas de cuarzo y micacita. Es corriente encontrar dentro de estos esquistos, importantes depósitos de caolín, como por ejemplo en la localidad de Quitaluto, los cuales se originarían por la alteración de rocas de la familia de las serpentinitas.

(1) Alvarez, O., (1970) "Estudio Geológico de los yacimientos de hierro de la cordillera de Nahuelbuta. Provincia de Arauco, Malleco y Cautín. Santiago. U. de Chile, Depto. de Geología, (tesis).

En la antigua carretera que une Valdivia con La Unión en la localidad de Los Ulmos, se encuentran esquistos verdes cloríticos, con una foliación muy intensa. En el sector del río Futa, camino a Naguilan, adoptan un aspecto semejante al de las filitas y sus afloramientos se extienden hasta aproximadamente 10 Kms. al Norte de La Unión, donde están cubiertos en parte por la formación Chol-Chol y en parte por sedimentos cuaternarios.

En la mayoría de los afloramientos se tomaron rumbos y manteos de los estratos, notándose que no muestran una estructura definida.

En la localidad de Tres Chiflones se observa un esquisto verdoso, clorítico, poco alterado que presenta como estructura primaria, una estratificación cruzada y cierta clasificación que prueba su origen sedimentario, probablemente de tipo arcósico.

En las nacientes del Río Chihuín, en una pequeña quebrada del mismo río, afloran esquistos de color gris oscuro, en parte arcillosos y finamente estratificados; sobre estos esquistos, descansa con marcada discordancia angular un paquete de sedimentos constituidos por areniscas y limolitas fosilíferas, pertenecientes a la formación Chol-Chol. Este esquisto se extiende hacia el noroeste y no se diferencia mucho del anterior, solamente cabe anotar su carácter micáceo y su abundancia en nódulos de cuarzo, que alcanzan en algunas zonas hasta 40 cms. de diámetro.

1.1.2. Unidad Central (Mahuilque)

Es la de mayor desarrollo y está formada por esquistos de cuarzo-muscovita, de cuarzo-albita-muscovita-biotita, de cuarzo-biotita; cuarcitas granatíferas, micáceas, ferruginosas; anfibolitas, esquistos de actinolita, todos los cuales corresponde a un metamorfismo regional de bajo grado de sedimentos pelíticos y bioquímicos (facies de esquistos verdes, subfacies de cuarzo-albita-epidota-biotita) con algunas alteraciones volcánicas en su borde occidental, representadas por las anfibolitas y esquistos de actinolita. (1)

De Norte a Sur las exposiciones más importantes son:

En un corte de la Carretera Panamericana, 6 Kms. al Sur de Lanco, afloran esquistos micáceos verde-amarillentos, sin cuarzo, muy exfoliados, con rumbo y manteo de N 25° a 28° E. Toda la región al Sur de Lanco, incluyendo el sector de Los Lagos y Paillaco, presenta la misma litología.

Frente a la localidad de Ciruelos, 10 Kms. aproximadamente al Sur de Lanco, por la Carretera Panamericana, afloran esquistos verdes muy micáceos, con un rumbo aproximado N-S y manteo de 18° NW.

En otro corte de la Carretera Panamericana, 7 Kms. al N. de Valdivia se observa un afloramiento de esquistos de color gris, con alternancia de capas de cuarzo de 4 mm. de espesor y capas de mica (biotita-muscovita). Además se observan nódulos de cuarzo de hasta 10 cms. de diámetro. Existen zonas dentro de las cuales aparecen asociaciones de esquistos grises con esquistos verdes-cloríticos, secuencia que continúa en la Provincia de Cautín.

En la ribera Sur del río Futa, en la localidad llamada Los Joaquines, afloran rocas

(1) Alvarez, O., (1970) Op. Cit.

esquistosas de varios tipos, predominando los esquistos micáceos grises, muy descompuestos y alterados con abundante sericita, guías y nódulos de cuarzo, algunas de cuyas guías alcanzan hasta 40 cms. de ancho. Cabe destacar el hecho de que estas rocas están mineralizadas con antimonio y manganeso (1).

En un camino secundario que bordea el río Futa, en las proximidades de la localidad El Chivato, afloran dos tipos de esquistos: uno, es la micacita típica, de color gris brillante y el otro un esquisto gris verdoso algo más claro que el anterior más descompuesto y con capas de areniscas intercaladas mostrando una estratificación relictiva y cierta selección. Todo el conjunto está muy fracturado y fallado; se observa una falla muy notoria con una brecha tectónica de 25 cms. de espesor aproximadamente; además guías de cuarzo atraviesan toda la secuencia, alcanzando en algunas partes hasta 5 cms. de ancho. Por otra parte, al yacente de la falla, afloran sedimentos cuaternarios (Cancagua). Habría un tercer tipo que correspondería más o menos al primero, pero se presenta menos alterado. Esta secuencia sigue una orientación N 50°W, con un espesor aproximado de 40 m.

En el sector de la antigua planta carbonífera de Pupunahue, aflora una potente secuencia de esquistos grises, micáceos, fuertemente plegados, que subyacen con marcada discordancia angular a los estratos de Pupunahue de edad Terciario Superior y/o Inferior (Oligoceno-Mioceno).

En la localidad de Los Guindos, ubicada 27 Kms. al Sur de Valdivia se observa un esquisto micáceo de color blanco-amarillento, en parte algo verdoso, bastante alterado y fracturado, que ocasionalmente presenta algunos nódulos de cuarzo de hasta 40 cms. de diámetro, ubicados paralelamente a la foliación. Al microscopio se observa un arreglo a manera de mosaico del cuarzo y las micas (principalmente muscovita); este arreglo conforma lo que se denomina textura granoblástica. Estos esquistos ocasionalmente se encuentran asociados con esquistos verdes-cloríticos y esquistos grises con un rumbo preferencial NW y con manteos cercanos a la horizontal.

En la cuesta Camán, el N.W. de La Unión, aflora un esquisto micáceo de color pardo-verdoso, clorítico, muy fracturado y alterado, con finas vetillas de cuarzo, y con una orientación preferencial N 80° E y un manteo de 42° NW aunque en partes se encuentra prácticamente vertical. Este mismo tipo litológico aparece en la cuesta Llancacura, y se extiende hasta la orilla misma del río Bueno. (Ribera suroccidental).

Camino a Huicolla, en el cerro de Las Animas, aflora una anfíbolita, rica en epidota.

Al microscopio se observa, epidota, anfíbola, y en menor proporción albita y biotita como minerales principales; como accesorios se presenta apatita. Además se observan restos de una textura porfírica con grandes cristales de anfíbola y cristales probables de plagioclasa ahora epidotizada. La biotita también se encuentra concentrada en algunos sectores. La roca original por lo tanto puede haber sido una roca volcánica básica rica en plagioclasa cálcica.

Espesor, edad, y correlaciones.

Debido a la naturaleza estructural del Basamento Cristalino, intensamente plegado y fallado, es difícil hacer una estimación del espesor de esta formación.

(1) Lillo, F., (1971) "La Minería de la provincia de Valdivia" Informe inédito. IREN

Más difícil aun es la estimación de edad, debido a que por una parte no se han encontrado fósiles y por otra no se conocen sus límites. Existen sin embargo similitudes mineralógicas y estructurales entre el Basamento de esta zona y rocas del Basamento Cristalino de la zona central y norte de nuestro país. Aguirre y Levi, (1) señalan que determinaciones radiométricas potasio-argón, indican que las rocas graníticas que en algunos sectores intruyen al Basamento Cristalino son de edad presilúrica, antecedente que nos permite asignarle una edad Paleozoico Inferior y/o Pre-Paleozoico o más antiguo. Sobre el particular cabe agregar que no existe consenso al respecto, ya que otros autores, le atribuyen una edad más reciente; pero en general, en la literatura es considerado como probable del precámbrico (2).

A modo de aclaración señalaré que es polémica la separación de Tirúa y Mahuilque, por lo cual he preferido no separar estas unidades en el mapa; para lograr una buena división de estas unidades habría que hacer estudios con más detalle.

1.2. Rocas Intrusivas.

1.3. Rocas Ultrabásicas.

Dentro del Basamento Cristalino y asociadas con la Unidad Tirúa, existen una serie de rocas metamórficas derivadas del metamorfismo regional de grado medio a alto de rocas ígneas básicas o de sedimentos calcáreos. (3). Se trata de masas tectonizadas de rocas de serpentina, filones y filones mantos, que se presentan asociados con rocas cloríticas-antigoríticas, esquistos talcosos, tremolíticos, nefritas, etc.

Las localidades más importantes en las cuales afloran estas rocas son:

En el Morro Gonzalo y en el Morro Bonifacio, sector de Curiñanco, donde aparece asbesto de serpentina. Además en Curiñanco, se presentan esquistos de albita.

Al microscopio muestran un agregado de cristales de clorita epidota, esfeno y apatita dispuesto a manera de enrejado, en cuyas cavidades se ubican cristales de albita. Estos últimos son anhedrales casi equidimensionales y de 0.8 mm. de diámetro promedio. La mayoría presentan inclusiones de epidota, apatita y esfeno.

Al Este de Máfil se presenta la misma roca, se trata de un esquisto de albita de color verde-amarillento.

Al microscopio presenta estructura laminada, resultante de la disposición en bandas de cristales orientados de anfíbola de color azul, muscovita y clorita, junto con epidota y esfeno. Entre éstas bandas se disponen lentas constituidos por agregados granoblásticos de albita. El tamaño promedio de los granos es de 0.1 mm.

En San Carlos, 3 Kms. al Oeste del Puerto de Corral, en un Yacimiento de talco e íntimamente relacionado con él, se encuentran importantes masas de serpentina de color gris verdoso o verde oscuro, frecuentemente marmorizados y muy plegadas.

En el costado oriental de la Carretera Panamericana, 27 Kms. al Sur de Valdivia, aflora una roca básica de color gris oscuro, verdosa de grano muy fino y un espesor aproximado de 10.

-
- (1) Aguirre, L., y Levi, B., (1964) "Geología de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue, Santiago, I.I.G.
 (2) Muñoz Cristi, J. (1960) "Contribución al conocimiento geológico de la cordillera de la Costa de la zona Central. Santiago, Minerale.
 (3) Alvarez, O., (1970) Op. Cit.

Al microscopio resultó ser una serpentinita, con 85 o/o de serpentina, en forma de fibras cortas y con una estructura fenestrada; 10 o/o de magnetita, en venas o como cristales aislados de hasta 1.5 mm. de diámetro y 5 o/o de minerales opacos, en granos pequeños, distribuidos por toda la roca.

2.— Paleozoico.

2.1. Formación Panguipulli. (Triásico superior y/o Paleozoico Superior)

Esta formación fue definida por Aguirre y Levi (1), designando con este nombre a una secuencia de rocas sedimentarias y metamórficas de bajo grado que afloran en la Cordillera Andina, al Sur del Lago Pullinque y gran parte del Lago Panguipulli alcanzando su máximo desarrollo al sur del Lago Riñihue.

Esta formación ha sido separada por sus características litológicas, de las rocas que afloran en la costa de la Provincia de Valdivia y que son denominadas, Esquistos de la Costa, Complejo Metamórfico de la Cordillera de la Costa o simplemente Basamento Cristalino.(2).

El contacto entre ambas unidades estaría oculto bajo el relleno fluvio-glacial del valle longitudinal.

Algunos autores estiman que las dos formaciones constituyen una sola. Un estudio en detalle de este problema está más allá del alcance y la finalidad del presente trabajo, sin embargo, se manifiesta la necesidad de una investigación de esta naturaleza en un futuro próximo por los organismos pertinentes.

Los afloramientos más típicos de la formación se encuentran en la ribera suroriental del Lago Panguipulli, en una zona llamada Quechumalal. Allí la formación está representada por pizarras y filitas de color gris oscuro, algo micáceas, bastante descompuestas y fracturadas, el conjunto se observa plegado y atravesado por algunas guías de cuarzo de pocos centímetros de espesor y por numerosos diques oscuros, de carácter lamprofírico, de 0.4 cm. hasta 2 m. de ancho. Presentan un rumbo general de N 55° E con un manteo de 58° W y en parte tienen una posición muy cercana a la vertical.

En una pequeña península que queda inmediatamente al noreste del aserradero Quechumalal, afloran unas pizarras negras con rumbo N 58° E y manteo de 70° NW.

En Playa Blanca, en el sendero que conduce al campamento maderero de Toledo, aflora la misma roca descrita anteriormente; posee una orientación N 55 o/o E y un manteo de 60° SW. En esta zona se observa claramente el efecto de una intrusión granítica en la formación Panguipulli.

En el camino que une la ciudad de Panguipulli con Lanco, a pocos kilómetros al Este de Panguipulli, en la localidad denominada Los Tallos, afloran filitas y pizarras interestratificadas en capas de no más de 2 cms. de espesor, atravesadas por finísimas guías de cuarzo. Esta secuencia se presenta alterada y con abundantes micropliegues. La orientación general de los estratos es de N 50° W, con un manteo de 18° E. Asociada con estas rocas se encuentra una metarenisca fina que al microscopio presenta: cuarzo, albita, muscovita y biotita descolorida como minerales esenciales, y

(1) Aguirre, L. y Levi, B. (1964) Op. Cit.

(2) Muñoz Cristi, J. (1960) Op. Cit.

turmalina y leucoxeno como accesorios. Las capitas arcillosas, metamorfasadas en capitas de minerales micáceos, muestran numerosos micropliegues.

En la ribera noroccidental del Lago Riñihue, muy cerca del nacimiento del río San Pedro, aflora una roca metamórfica de color gris oscuro, con cristales aciculares de hasta 2 cms. de largo por 4 mm. de ancho.

Al microscopio resultó ser una roca corneana pelítica, posee cuarzo, albita, muscovita, biotita, clorita y opacos como minerales principales y apatita como accesorio, la textura es porfiroblástica, se reconocen dos tipos de pseudomorfos; muscovita según quistolita y clorita según un mineral que podría corresponder a cordierita.

En esta zona son muy abundantes las migmatitas, sobre todo las migmatitas bandeadas.

En una pequeña península al Norte de la Bahía del Peligro, 6 Kms. aproximadamente al sureste de Panguipulli, afloran filitas y lutitas pizarrosas alternadas con cuarcitas, el conjunto se presenta muy bien estratificado con una orientación de N 45° E y un buzamiento de 50° E. En la ribera Sur de la Bahía del Peligro, la formación está representada por una alternancia de cuarcitas y pizarras, en partes se observan efectos granitizantes por la presencia de granitos gruesos pegmatíticos.

Espesor, edad y correlaciones.

No existen antecedentes faunísticos que permitan precisar una edad relativa para la formación Panguipulli. Aguirre y Levi (1) mencionan que el carácter de la formación y su disposición discordante bajo la formación Tralcán, de edad triásica, son evidencias que permitirían concluir que esta unidad es premesozoica.

Las rocas de la formación Panguipulli presentan varias características litológicas y estructurales comunes con las descritas por Muñoz Cristi, para la región de Coquimbo. Estas analogías son particularmente notables con respecto a las unidades que ese autor denomina "Estratos de los Vilos", "Estratos de Arrayán" y "Estratos de Totoral" y que representan con mucha probabilidad el lapso comprendido entre el Devónico y el Permo-Carbonífero. (1).

El conjunto de pizarras, filitas y cuarcitas, tan característico de los afloramientos de la formación Panguipulli, tienen mucha similitud con la formación continental paleozoica. El Toco en su lugar típico, ubicado alrededor de 50 Kms. al este del puerto de Tocopilla. Wetzel recolectó allí plantas fósiles correspondientes al Permo-Carbonífero. Igualmente menciona "afloramiento de pizarras arcillosas, silicosas, y conglomerados en nunataks de la región entre los lagos Panguipulli y Calafquén los que han entregado hasta ahora solamente unos pocos signos de fósiles marinos, solamente impresiones de algas. Estos hallazgos son probablemente los signos más antiguos de vida comprobados hasta ahora en Chile" (1).

Cabe señalar el hecho de que las rocas de la formación Panguipulli están intruídas por filones lamprofíricos y macizos graníticos de probable edad cretácica, luego, esta formación sería anterior a dicho período.

(1) Aguirre, L. y Levi, B. (1964). Op. Cit.

Alvarez, O. (1) describe en la Provincia de Malleco, una secuencia de filitas y metareniscas que representarían un metamorfismo de bajo grado de sedimentos pelíticos. A esta secuencia la asigna como una unidad más del Basamento Cristalino, denominándola unidad oriental Purén, que junto con las unidades central Mahuilque y occidental Tirúa, conforman el complejo metamórfico antes nombrado. Tanto la unidad Malhuilque, como la unidad Tirúa, se continúan sin variaciones notables en la provincia de Valdivia; sin embargo, la unidad Purén podría corresponder a la secuencia denominada formación Panguipulli en Valdivia, pero al no existir elementos de juicio fundamentados, hemos creído necesario considerar la formación Panguipulli separada del Basamento Cristalino como tal.

3.— Mesozoico.

3.1. Formación Tralcán. (Triásico Superior)

Se designa con el nombre de formación Tralcán a una secuencia de rocas sedimentarias continentales constituídas en su mayor parte por conglomerados gruesos a medios, de color gris rojizo con una matriz de arenisca de igual color, los que presentan intercalaciones de lutitas rojas, estas últimas con abundante flora fósil. Los clastos que predominan son de cuarzo y cuarcitas bien redondeados. Esta formación aflora en el cerro Tralcán, ubicado en el extremo sur este del Lago Riñihue. Esta localidad es la única en la cual se ha encontrado expuesta esta formación la que fue descrita por Aguirre y Levi (2).

Espesor, edad y correlaciones.

Existen notables diferencias estructurales entre esta formación y la formación Panguipulli por lo cual se puede inferir un contacto discordante entre ellas a pesar que este contacto está cubierto por el relleno fluvio-glacial del Cuaternario.

Illies, K. (3) se refiere a esta formación como el conglomerado de Tralcán y le asigna una edad Malm Superior (Kimeridgiano Superior y Titoniano) basado principalmente en la existencia de una fuerte discordancia dentro del mesozoico superior con depositación de conglomerado rojo. Sin embargo, la formación Tralcán, litológicamente tiene muchas analogías con otras formaciones del resto del país que son de probable edad triásica, como por ejemplo la formación La Ligua (4). Posteriormente, Davis y Karsulovic (5), mencionaron la presencia de plantas fósiles en las lutitas de la formación Tralcán, estas plantas fueron identificadas por TAVERA, como pertenecientes a una especie afín a *Cladophlebistena oeshi*, del Triásico Superior (Rético) del Japón.

(1) Alvarez, O., (1970) Op. Cit.

(2) Aguirre, L. y Levi, B. (1964) Op. Cit.

(3) Illies K, H. (1960) "Geología der Gegend von Valdivia, Chile". Stuttgart Neues Jahrb, Geol. Pal. ABH. BD. Traducido al español por A. Thomas en cuaderno del I.I.G.

(4) Thomas, H., (1958) "Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de la Ligua y la Cuesta de Barriga" Bol. N° 2, I.I.G.

(5) Davis, S. y Karsulovic, J. (1961) "Deslizamientos en el Valle del río San Pedro, Prov. de Valdivia, Chile", Santiago, Depto. de Geología, U. de Chile, Publ. N° 20

Muestras de lutitas con abundante flora fósil bien conservada fueron colectadas por el autor en el faldeo norte del cerro Tralcán, inmediatamente al sur del desague del Lago Riñihue, y estudiadas por el Investigador del Laboratorio de Paleobotánica y Palinología del Museo Nacional de Historia Natural, Geólogo Sr. Armando Fasola R. quien las identificó preliminarmente como especies pertenecientes a los géneros *Dicroidium* y *Taeniopteris*. Dichas formas se pueden correlacionar con especies existentes en el Triásico de Los Molles (Chile) y en el Triásico de Argentina (1). Estas evidencias nos permiten asignar una edad Triásico Superior (Rético) a la formación Tralcán.

3.2. Formación Curarrehue. (Cretácico Superior – Senoniano)

Se designa con el nombre de formación Curarrehue a un conjunto de rocas volcánicas y sedimentarias continentales que afloran en la zona estudiada, desde el río Caunahue por el Norte hasta la ribera suroriental del Lago Ranco por el Sur. Fue definida originalmente por Aguirre y Levi, (2) ubicando su lugar típico, en los alrededores del pueblo de Curarrehue, a orillas del camino internacional Pucón Mahuil-Malal, a aproximadamente 34 Km. al Este de Pucón. En el área estudiada, esta formación aparece como roof-pendant en las rocas graníticas, que la intruyen y está en parte cubierta por rocas volcánicas más modernas (Serie Efusiva Máfica).

Las mejores exposiciones de esta formación las encontramos de Norte a Sur en las siguiente localidades:

En el curso superior del río Caunahue, al noreste del puerto Llifén, aflora una arenisca limosa de color gris oscuro, algo verdosa con indicios de mineralización de cobre, calcopirita.

Al microscopio presenta una textura clástica, con granos de cuarzo (55 o/o) en formas subangulares de 0.1 mm. de tamaño promedio, zircón en granos redondeados de 0.1 mm. y muscovita, existen algunos pocos cristales de 0.3 mm. de diámetro. La matriz (40 o/o) está formada esencialmente por sericita, clorita, minerales de arcilla y minerales opacos. La sericita presenta cierta orientación.

En la desembocadura del río Caunahue, afloran brechas conglomerádicas, areniscas y conglomerados típicos de la formación Curarrehue, atravesados por numerosas guías de cuarzo de hasta 1 cm. de ancho y por un dique de 80 cm. de espesor, de una roca granítica bastante alterada.

Al microscopio resultó ser una diorita porfirica con abundantes fenocristales de plagioclasa, del tipo An 60, de hasta 3 mm. de largo, en parte albitizada, sericitizada y turbia. La masa fundamental tiene textura equigranular de grano medio (0.4 mm.), y está constituida por plagioclasa del tipo (labradorita) An60 en gran parte albitizada, sericitizada y turbia, clinopiroxeno del tipo augita en parte alterado a clorita y anfíbola y minerales opacos, probablemente magnetita.

En la Punta Calcurrepe la formación está representada principalmente por brechas, las cuales a medida que nos acercamos al contacto con las rocas graníticas se presentan cada vez más alteradas. En el cerro Llifén se observa la misma litología, las brechas son de color gris, los clastos no pasan de 5 cm. de diámetro y se puede notar una cierta estratificación.

(1) Fasola, A. y Ascarate, (1959) "Estudio Palinológico de la formación Loreto (Terciario Medio) Prov. de Magalles, Chile. *Amegliniana*, 6 (1) .

(2) Aguirre, L., y Levi, B., (1964) Op. Cit.

Inmediatamente al este del Seno de Llifén aflora una andesita bastante alterada, en parte silicificada. Esta roca está instruída por un dique rumbo EW. de color gris-rosado y un metro de ancho aproximadamente, el que correspondería a un pórfido granítico. Unos pocos metros al sur de este punto se tomó una muestra la cual megascópicamente, corresponde a una andesita descompuesta.

Al microscopio resultó ser una andesita porfírica con señales de haber sufrido un cierto metamorfismo, presenta fenocristales de plagioclasa y anfíbola, y algunos minerales opacos, la masa fundamental se observa bastante recrystalizada con mucha anfíbola, microlitas de plagioclasa, actinolita y tremolita. En el cerro Ille, al Oeste del río Nilahue, afloran brechas conglomerádicas y andesitas de color gris verdoso.

En la ribera suroriental del Lago Ranco, en una localidad denominada Pitreño se presentan los mejores afloramientos de la formación Curarrehue en la zona estudiada. Toda la secuencia presente en el área está expuesta y lo que es más importante, se encuentran horizontes con lutitas y areniscas fosilíferas; las lutitas tienen abundante flora fóscil, la cual analizaremos en el sub-capítulo siguiente.

Estas rocas en partes presentan el aspecto de rocas aborregadas y son muy claras las estrías glaciales.

Espesor, edad y correlaciones.

El espesor real de esta formación es indeterminado debido a que hasta el momento no se conoce su techo. Aguirre y Levi (1), asignan a la formación Curarrehue una edad Cretácica Superior considerando el hecho de que las rocas de la unidad, en varios lugares, aparecen instruídas por rocas graníticas, las que en la zona al Este de Melipeuco, y en el sector comprendido entre los lagos Colicoy Caburgua, (Provincia de Cautín) han dado edades de 90 ± 10 millones de años (Método plomo-alfa) que corresponderían al Cretácico Superior. Los mismos autores correlacionan una sección de la formación Curarrehue, con las formaciones, Las Chilcas, Coya-Machalí, Abanico, Viñitas y Cerrillos, descritas en la Provincia de Santiago, Aconcagua, Coquimbo y Atacama, respectivamente. Estas formaciones son litológicamente similares a la formación Curarrehue sobre todo en lo que se refiere a su sección conglomerádica. Estas correlaciones nos permiten asignar, tentativamente, la formación Curarrehue al Cretácico Superior.

Enriones, A., Villarroel, A.P. (2), describen en la Provincia de Ñuble la formación Polcura (Senoniano-Coniaciano), que estaría constituída por un conjunto de rocas sedimentarias clásticas continentales, con intercalaciones de lavas andesíticas y riolíticas. Esta formación no tiene fósiles, solamente algunos troncos silicificados en tufitas. Estos autores correlacionan esta formación con la formación Abanico (Cretácico Superior). Según Hauser (comunicación verbal) las brechas que pertenecen a la formación Polcura son similares litológicamente a las brechas de la formación Curarrehue.

Determinaciones efectuadas por el geólogo Sr. Armando Fasola R. le permitieron reconocer en la tafoflora de Reñinahue localidad de Pitreño, una alta proporción de *Pteris cousiniona*, junto a una *Podocarpácea* y otros restos no determinados aún. Según

(1) Aguirre, L. y Levi, B. (1964) Op. Cit.

(2) Enriones, A., Villarroel, A.P., (1962) "Geología del área de la Central hidroeléctrica El Toro, Provincia de Ñuble. Santiago, Escuela de Geología U. de Chile, Memoria de Prueba.

éste se puede concluir en forma tentativa, por falta de una investigación más detallada, que los estratos de Pitreño en su unidad sedimentaria por lo menos, podrían correlacionarse con los de Lota-Coronel, en los que abunda *Pteris cousiniana*, y cuya edad sería Terciario Inferior o Cretácico Superior.

3.3. Rocas Graníticas.

Las rocas graníticas, principalmente, granitos, dioritas de piroxena, granodioritas, adamelitas y tonalitas ocupan gran parte de la Cordillera de los Andes de la Provincia de Valdivia, extendiéndose en una franja Norte-Sur, interrumpida solamente por aparatos volcánicos pleistocénicos y recientes. Ellas parecen constituir, como lo ha señalado Muñoz Cristi, J. (1) parte importante del subsuelo del territorio chileno. Por lo general, dentro del macizo andino, sus afloramientos han quedado expuestos en el fondo de los valles profundamente excavados; pero según lo indicara también este autor, esto no significa que dicho batolito esté constituido por una superficie plana ya que por el contrario, enormes apófisis penetran a través de considerables espesores de las formaciones cobertizas.

En el terreno hay evidencias de magnetismo, una masa fundida que se ha movilizado a lo largo de fracturas, intruyendo a las rocas pre-existentes, este fenómeno se observa bastante bien en las rocas de la formación Panguipulli que se presentan intruídas por filones y diques lamprofíricos y macizos graníticos los cuales muestran una disminución gradual del tamaño de los granos desde el centro hacia los bordes. Esta situación es bastante clara en el costado oriental del Lago Neltume donde se observan dioritas pegmatíticas en contacto con granitos gneísicos y microgranitos de piroxena. La diorita pegmatítica a su vez grada a una microdiorita de piroxena.

Al microscopio la microdiorita presenta textura porfírica, determinada por la presencia de fenocristales de plagioclasa (30 o/o) An 40-44 (Andesina) con zonación normal muy desarrollada, cristales anhedrales a subhedrales de 0.2 a 3 mm. de largo, algunos de los cuales presentan exsoluciones de albita y núcleos arcillizados, también se observan cristales intratelúricos fracturados. Clinopoxena (Augita) 5 o/o en cristales anhedrales de 0.2 -1.8 mm. La mesostasis es microcristalina (65 o/o) de textura subofítica, parcialmente cloritizada y con abundante magnetita diseminada, como mineral accesorio se presenta apatita y como minerales de alteración, epidota y clorita.

En la región estudiada existe una estrecha relación entre los cuerpos intrusivos y el volcanismo cuaternario. Como se ha señalado anteriormente, los centros volcánicos pleistocénicos y recientes, se encuentran emplazados en los macizos graníticos-dioríticos que constituyen el basamento y de los cuales, a través de fracturas, se han producido los derrames de lava hacia el exterior.

Las mejores exposiciones de las rocas graníticas en cuestión las tenemos de Norte a Sur en las siguientes localidades:

7 Kms. al Norte de Coñaripe aflora una diorita cuarcífera, afanítica, con xenolitos muy desarrollados que alcanzan hasta 20 cm. de diámetro, hacia la parte alta de estos afloramientos la diorita está recubierta por basaltos de valle con disyunción columnar muy marcada.

(1) Muñoz Cristi, J. (1960) Op. Cit.

Once Kms. al noreste de Coñaripe, aflora una masa granítica de regular extensión, constituida por microgranitos y dioritas de piroxena, muy descompuestas; ambas rocas están cortadas por esporádicos diques lenticulares lamprofíricos, de color gris verdoso, la diorita presenta además algunas guías de cuarzo y guías de un mineral ferromagnesiano.

En la cuesta Los Añiques, las rocas graníticas están muy desarrolladas, principalmente dioritas de piroxena y granodioritas de grano medio. La diorita se presenta muy fracturada; sin embargo se puede apreciar una ordenación u orientación preferencial del diaclasamiento del NE. al SW. Este macizo granítico se continúa más allá del límite con la República Argentina. Hay que mencionar que en las proximidades de Liquiñe y hacia Carriríngue hay abundancia de migmatitas; y en la localidad de Paimún, asociada con migmatitas, aflora una roca gneílica bandeada de color verdoso.

Al microscopio resultó ser un gneis de andalucita, lo que nos indicaría una zona de metamorfismo regional de alto grado. La composición mineralógica incluye cuarzo, andalucita, plagioclasa (Oligoclasa-andesina), biotita, muscovita, granate y fibrolita (silimaneta fina) como minerales principales en cambio, como accesorios destacan, apatita, zircón y opacos, posiblemente magnetita; la andalucita a su vez presenta numerosas inclusiones de biotita, fibrolita y cuarzo.

Frente a Coñaripe, en la ribera suroriental del Lago Calafquén, aflora un pequeño cuerpo granítico, el camino que corre por la orilla del lago está cortado por pequeños valles de fuerte pendiente cubiertos por detritus basálticos con típica textura fluidal, lo que hace suponer que toda la serie granítica está cubierta por efusiones basálticas.

En la desembocadura del río Rerehuaico en el lago Neltume, afloran granitos gneílicos y microgranitos de piroxena.

Entre los lagos Neltume y Panguipulli, al Sur del río Fuy, existen afloramientos de rocas graníticas que constituyen una pequeña cadena antepuesta a las efusiones del volcán Choshuenco. En el Lago Pirehueico, existen afloramientos de granodiorita de grano medio, atravesadas por numerosos filones lamprofíricos que además presentan abundantes enclaves de una roca oscura, densa, afanítica, posiblemente anfibolita.

El lago Pirehueico en su borde suroriental presenta afloramientos de rocas graníticas, similares a las descritas anteriormente, pero de grano mucho más fino y de colores más claros; que podrían corresponder a rocas aplíticas. Además en las cercanías del paso internacional de Huahúm, afloran nuevamente dioritas de piroxena. En la vertiente norte del lago Panguipulli en el camino en construcción al poblado de Choshuenco, afloran rocas graníticas pegmatíticas atravesadas por diques de una roca gris verdosa de grano fino, aplítica. Dichas rocas se presentan bastante metamorfizadas y plegadas; los pliegues pigmatíticos son abundantes. Dado que estas rocas se encuentran en el contacto con la formación Panguipulli, podemos deducir que los fenómenos antes mencionados se deben a aureolas de contacto.

En el estero Niltre, los afloramientos graníticos presentan señales de acciones glaciarias.

En el río Huanehue, se encuentran afloramientos esporádicos de rocas graníticas y granitos pegmatíticos que parecen corresponder a pequeños intrusivos aislados. Presentan además xenolitos de pocos centímetros de diámetro.

La microgranodiorita al microscopio resultó ser una microtonalita alterada, de textura hipidiomorfa granular, tamaño promedio de los granos 0.3 mm. el cuarzo es muy abundante, constituye el 40 % de la roca y presenta extinción ondulosa poco marcada, la plagioclasa se observa alterada parcialmente a sericita. Hay también pseudomorfos de sericita según un mineral que podría ser feldespato potásico o plagioclasa. Grandes cristales de biotita (15 %) parcial o totalmente alterados a clorita y minerales opacos.

En la ribera nororiental y suroriental del lago Riñihue afloran rocas graníticas en todo similares a las descritas para la vertiente norte del Lago Panguipulli, observándose igualmente fenómenos relacionados con metamorfismo regional y aureolas de contacto.

En la ribera nororiental y suroriental del Lago Riñihue, afloran granitos los cuales presentan algunas señales de fracturamiento y cizalle.

De la misma manera en ambas áreas se encuentran en contacto con la formación Panguipulli.

Al Sur del grupo volcánico Mocho-Choshuenco y al Sur del Lago Pirehueico afloran extensos macizos graníticos, constituídos principalmente por dioritas de piroxena.

En los alrededores de Llifén 1 Km. al noroeste del estero de Pichisichahue afloran dioritas de piroxena y granitos de grano medio de color gris amarillento.

En el río Blanco, que desemboca en el Lago Maihue, se presentan afloramientos de un granito de color blanco grisáceo, de grano grueso, el que aparece atravesado por varios filones lamprofíricos. En el río Curringue aflora nuevamente este granito, pero algo metamorfizado y asociado a dioritas de piroxena. Esta misma litología está representada también en los valles de los ríos Folil, Chihuío, Pillanlelfu y Rupaneica y en toda la zona al Sur de este último. Aflora además en la parte oriental del lago Huishue y rodeando completamente la laguna Gemelos y el lago Gris.

Al Este y al Sureste del lago Ranco afloran cuerpos graníticos (Sr. Hugo Moreno, Inf. Verbal).

En la depresión central los afloramientos de rocas graníticas son bastante escasos, solamente pudimos encontrar un pórfido granodiorítico en la localidad de El Tallo, ubicada aproximadamente a 30 Kms. al Este de Máfily y que se presenta intruyendo al Basamento Cristalino.

Al microscopio este pórfido granodiorítico se observa como una roca de grano muy fino (0.01 mm.) de textura equigranular, algo orientada, contiene cuarzo, plagioclasa, (de índice de refracción mayor que el bálsamo) y feldespato potásico, existen también algunos minerales opacos accesorios, se trataría en consecuencia de un pórfido microgranodiorítico leucocrático.

Existe un pequeño cuerpo intrusivo en las cercanías del Rincón del Diamante, 20 Kms. al Sur de Valdivia, el que podría pertenecer al plutón de los Guindos descrito por Illies (1); lo constituyen granodioritas muy descompuestas, llegando en partes, a producir la casi total desintegración de la roca, en forma de maicillo. Respecto al plutón de Los Guindos, Illies expresa, "la roca es de grano fino y de composición granodiorítica y se presenta fuertemente alterada en superficie".

En la cordillera de la Costa, las rocas graníticas se extienden entre el Morro Gonzalo y Punta Calera; se trata de granodioritas de grano grueso porfiríticas en partes marcadamente pegmatíticas. Entre los fenocristales predominan las plagioclasas y la hornblenda, es corriente encontrar xenolitos de micacitas, abundantes guías y filones de cuarzo y diques de pórfido diorítico que atraviesan la roca.

(1) Illies, K., (1960) Op. Cit.

Edad y correlaciones.

Desgraciadamente no se tienen antecedentes radiométricos de la región estudiada, por lo que vamos a tener que aplicar los datos y criterios establecidos para otras provincias del Sur de Chile. Recurriendo a la bibliografía Levi, en base a determinaciones radiométricas en una muestra de adamelita, perteneciente al batolito granítico que aflora entre los lagos Colico y Caburgua (Provincia de Cautín), asignaron a la roca una edad de 90 ± 10 millones de años (edad Plomo-Alfa) lo cual les permitió referir este batolito al Cretácico Superior. Aguirre y Levi (1) señalan los resultados de análisis radiométricos efectuados en una muestra de un cuerpo granítico ubicado al Este del pueblo de Melipeuco (Provincia de Cautín); una muestra de ese sector ha dado una edad de 98 ± 10 millones de años (edad Plomo-Alfa). Siempre en la misma área, estos autores señalan una determinación radiométrica efectuada en una muestra de un cuerpo intrusivo al Este de la localidad de Puesco, en el camino internacional por el paso de Mahuil-Malal; ella habría dado como resultado 15 ± 10 millones de años (edad Plomo-Alfa).

Levi, Aguilar y Fuenzalida (2) describen el borde septentrional y suroriental de la rada de Palena (Provincia de Chiloé) rocas dioríticas que de acuerdo con sus descripciones, presentan marcadas afinidades petrográficas con las rocas graníticas observadas en la Provincia de Cautín (3).

Dichas rocas en el área de Palena, instruirían a rocas de edad Neocomiana o probable Cretácico Superior (Fuenzalida) (2).

Concluyendo podemos decir que las rocas graníticas expuestas en la región estudiada, por los antecedentes anotados, corresponderían al Mesozoico, puesto que intruyen formaciones Paleozoicas y Prepaleozoicas; por otra parte subyacen a la Serie Efusiva Máfica, de edad Plioceno-Pleistoceno lo que las ubicaría como anteriores a este período (Pre-Plioceno-Pleistoceno). Además por el hecho de ser petrográficamente similares a las rocas graníticas de la Provincia de Cautín y Chiloé, podemos asignarles tentativamente una edad Cretácica-Superior.

4.—Cenozoico.

4.1. Terciario.

El Terciario en la zona estudiada está bastante bien representado, la secuencia más importante y de mayor desarrollo es la formación Chol-Chol, Terciario marino y continental, que incluye los Estratos de Catamutun, Terciario continental; en orden de importancia decreciente vendrían los Estratos de Pupunahue, Capas de San Pedro, Estratos de San José y Estratos de Máfil respectivamente.

A continuación analizaremos cada una de estas secciones y al final, y de modo

(1) Aguirre, L. y Levi, B. (1964) Op. Cit.

(2) Levi, Aguilar y Fuenzalida (1966) "Reconocimiento Geológico en las provincias de Llanquihue y Chiloé. Bol. Nº 19 del I.I.G.

(3) Hauser, A. (1979) "Geología de la provincia de Cautín" Apartado del Tomo II del "Estudio integrado de los recursos naturales de la provincia de Cautín" IREN Santiago, Chile.

solamente tentativo, presentaremos un cuadro estratigráfico del Terciario de Chile Central Sur.

4.1.1. Capas de San Pedro (Eoceno Superior?)

Bruggen, J., (1) fue el primero en referirse a las Capas de San Pedro, en el río del mismo nombre en la localidad de Pocuno, determinándoles un espesor de 100 m. y correlacionándolas en el piso de Concepción (Eoceno).

En Pocuno afloran areniscas de grano fino y lutitas grises oscuras a negras que contienen abundante flora fósil; las capas se presentan prácticamente horizontales y a medida que avanzamos hacia el Este toman un buzamiento más marcado al Oeste. En el cerro Llacudo se encuentran en contacto de falla con el Basamento Cristalino.

Illies, L., (2) ha descrito un perfil de 6 kms. en el valle del Río San Pedro, en el cual las capas presentan un buzamiento máximo de 23° W; estas capas no muestran ni base ni techo y el citado autor ha calculado para el perfil mencionado una potencia probable de 1.000 m. La serie está compuesta principalmente por areniscas grises de grano medio en parte arcósicas, que presentan una estratificación entrecruzada en las cuales están incluidos algunos rodados y troncos aislados de árboles. De la estratificación entrecruzada se dedujo que el sentido de la depositación fue hacia el Oeste y Suroeste. Interestratificados se encuentran bancos de conglomerados de hasta 70 m. de potencia con clastos de hasta 4 cm. de diámetro. Estos clastos bien redondeados están compuestos principalmente de cuarzo y esquistos del Basamento Cristalino y de la formación Panguipulli; junto a éstos aparecen rodados de diorita, granito y pórfido cuarcífero. Dentro de las areniscas se encuentran capas de arcillas, areniscas finas y lutitas en las cuales hay abundantes restos vegetales bien conservados. En dos partes se encontraron mantos de carbón redepositado, impuro, el que está inter-estratificado en las lutitas.

Determinaciones efectuadas por el Geólogo Sr. Armando Fasola R. en unas muestras tomadas junto al puente Pocuno—Malihue sobre el río San Pedro, permitió reconocer una marcada abundancia de **Fagáceas** pertenecientes todas al parecer a una misma especie: **Nothofagus (fagus) subferruginea**, hallándose en menor proporción otras formas entre las cuales se pueden citar **Mirtáceas**. A una muestra de esta localidad se le hizo además el procesamiento para obtención de polen fósil dando un resultado altamente positivo. Fue posible determinar entre otras, formas citadas para la región de Magallanes como **Podocarpiditas sp.** (3) **Nothofagiditas cf. N. waipawaensis** Couper, (op. cit. lam. VI, Fig. 5-6) **Preteacidires cf. P. symphyonemoides** Cookson (op. cit. lam. VII, Fig. 1-3)

Las conclusiones, bastante preliminares por ahora, que se pueden obtener del estudio de estos fósiles es que las capas de San Pedro pueden asignarse el Eoceno Superior, por poseer formas megascópicas y microscópicas similares con las de la Formación Loreto en Magallanes.

-
- (1) Bruggen, J., (1950) "Geología" Editorial Nacimiento. 2a edición corregida.
 (2) Illies K, H. (1960) Op. Cit.
 (3) Fasola, A. y Ascarate., (1969) Op. Cit.

Engelhardt, H., (1), describió formas eocenas en el yacimiento de carbón de Coronel (Arauco) Florin, R., (1) estudió la abundante flora de coníferas del piso de Concepción y llegó a la conclusión que estas capas son de edad Eocena. En resumen, capas de San Pedro con las capas descritas por Engelhardt y Florin guardan gran similitud, tanto en lo que se refiere a litología como a flora.

4.1.2. Estratos de Pupunahue.(Olegoceno-Mioceno)

Los estratos de Pupunahue están constituídos principalmente por conglomerados, areniscas arcillosas y areniscas finas; estas últimas con abundante materia orgánica. En algunas partes se observan lutitas carbonosas y turba. Estos estratos afloran igualmente en San José de la Mariquina y Máfil donde constituyen cuencas mayores por sus reservas de carbón.

En el sector de la mina de Pupunahue Illies, K., (1) describe el siguiente perfil: sobre el Basamento Cristalino se depositó primero una arenisca arcillosa y sobre ésta, una arenisca poco consolidada con concreciones calcáreas, restos vegetales y ocasionalmente algunos moluscos de agua dulce. Intercalados en la arenisca hay tres mantos de carbón, el más potente de los cuales aflora con 2.4 m. Los mantos fueron explorados, mediante perforaciones, alcanzando potencias de hasta 7 m. El carbón es una turba alóctona en parte bastante impura. En el techo de los mantos se ubican capas de arcillas claras de estratificación fina y que en parte tienen propiedades bentoníticas.

En el estero del Rincón ubicado 15 kms. aproximadamente al Este de Valdivia afloran los estratos de Pupunahue, los cuales tienen como base los esquistos micáceos del Basamento Cristalino y como techo las capas marinas de la formación Chol-Chol; en ambos casos el contacto es una discordancia angular.

Espesor, edad y correlaciones.

La disposición de las capas en el sector de la mina de Pupunahue según Illies, K., (1) tienen la forma de una cuenca con inclinación hacia el NW y con un relleno de 180 m. de espesor, como máximo de sedimentos terciarios.

En base al estilo tectónico observado en el estero del Rincón, al perfil de Illies en este mismo estero y a los datos de la mina de Pupunahue, podemos inferir que la edad de estos estratos, se puede estimar por ahora, solamente haciendo la comparación con capas terciarias más antiguas o más jóvenes ya que no existen estudios de flora fósil adecuados. Por lo tanto, como los Estratos de Pupunahue están recubiertos discordantemente por sedimentos de la formación Chol-Chol (Mioceno) podemos asignarles como más probable una edad Oligocénica. Por otra parte, Bruggen, J., y Muñoz Cristi, (1) han considerado a los estratos de Pupunahue como el equivalente límnico del piso de Navidad de edad Miocénica.

(1) Illies K, H., (1960) Op. Cit.

Al tenor de estas consideraciones podemos resumir diciendo que: los Estratos de Pupunahue, de Máfil y de San José, corresponderían probablemente al Oligoceno.

4.1.3. Formación Chol-Chol.

Esta formación, como se ha señalado anteriormente, constituye la mejor representación del terciario marino y continental en la Provincia de Valdivia. García, F., (1) fue el primero que definió esta unidad, ubicando su lugar típico en el curso inferior del río Chol-Chol entre los pueblos de Chol-Chol y Nueva Imperial, en la Provincia de Cautín.

Anteriormente Illies, H., (2) llamó a la sección de Chol-Chol "Capas Marinas del piso de Navidad".

En la zona de nuestro estudio aflora en varias localidades pero, sin duda, sus mejores exposiciones aparecen en el área de Catamutun, y al Norte y Noroeste de La Unión donde la unidad se apoya en el Basamento Cristalino. Hacia el Este está cubierta por materiales cuaternarios, principalmente fluvio-glaciales siendo precisamente esta cubierta la que impide establecer el verdadero desarrollo de esta formación, sin embargo en cuanto a extensión se refiere, esta es relativamente fácil reconocerla por medios fotointerpretativos; ello se debe al hecho de ocupar esta formación una fosa o cuenca tectónica, caracterizada en superficie por una topografía de colinas suaves la cual la hace notoriamente distintiva de los cerros propios del Basamento Cristalino. Resumiendo podemos decir que las partes planas y bajas corresponden al relleno Cuaternario, en este caso sedimentos fluvio-glaciales y fluviales; la parte intermedia de colinas suaves, pertenece a exposiciones de la formación Chol-Chol; y la parte montañosa que se desarrolla hacia el Oeste, al Basamento Cristalino, esta situación es constante y se repite en toda la zona estudiada. (Ver mapa).

La formación Chol-Chol en su mayor parte está integrada por lutitas y limolitas grises claras y grises azulinas; limolitas y areniscas amarillentas, en parte verdosas y en parte blanquecinas, junto a escasos horizontes de limolitas micáceas y areniscas grises claras pumicíticas. En la zona de Catamutun esta litología se alterna con mantos de carbón seguidos de areniscas arcillosa y lutita marina micácea. La relación entre la formación Chol-Chol y los estratos de Catamutun no es todavía muy clara. Es necesario hacer un trabajo más detallado con una buena complementación de estudios paleobotánicos y palinológicos.

En la carretera Panamericana, 4,5 kms. al N. de Valdivia, afloran, en unas colinas muy bajas, aproximadamente 5 m. de areniscas micáceas con intercalaciones de limolitas y arcillas muy finas, esta secuencia se prolonga hasta la ribera sur del río Callumapu.

En un perfil EW al Norte del nacimiento del río Chaihuín, sobre esquistos micáceos del Basamento Cristalino que mantean al Este, se apoyan con discordancia angular, estratos horizontales de areniscas micáceas de grano medio, de color amarillo rojizo; su

(1) García, F., (1968) "Estratigrafía del terciario de Chile, Zona Central" Edit. Andres Bello, Soc. Geol. de Chile.
 (2) Illies K, H., (1960) Op. Cit.

-CUADRO ESTRATIGRAFICO TENTATIVO DEI ERCIARIO DE CHILE CENTRAL

	SANTIAGO	ÑUBLE	CONCEPCION	ARAUCO	LOS ANGELES	MALLECO	TEMUCO	VALDIVIA	OSORNO
PLIOCENO				Formación Tubul	Formación Minico				
MIOCENO	Formación Navidad ↓			Formación Ranquil		Piso Angoleno o Grupo Malleco	Formación Choichol Pillmahue	Formación Choichol Estratos de Catamutun	Formación Dollinco Hueyusca Huilma Cheuquemo
OLIGOCENO				HIATUS				Estratos ↓	HIATUS
EOCENO			Piso de Concepción	Formación Caleta Viel Millongue Trihueco Boca-Lebu			Pizarras Bituminosas de Lonquimay	de Pupunahue Mafil y Sn. José Capas de San Pedro	Formación Caleta Viel
PALEOCENO				Formación Curanilahue					
SENONIANO Maestrichtiano (?)								Formación Curarrehue	
SENONIANO Coniaciano (?)		Formación Palcura							

Nota.- Las flechas indican que las formaciones pueden corresponder a dos épocas geológicas.

IREN - CORFO 1971.

P.D./A.H.

característica principal es su descomposición esferoidal perfecta; sobre estas areniscas descansan limolitas micáceas de color gris azulinas que contienen restos mal conservados de tallos y algunos gastrópodos.

En la localidad de la Sombra afloran limolitas de color amarillo claro muy descompuestas, pero en todo similares a las descritas en el perfil anterior, en partes se observan núcleos ferruginosos; precisamente este avanzado grado de alteración es el que hace difícil obtener buenas muestras para el estudio micropaleontológico.

En el estero del Rincón a 15 kms. al Suroeste de Valdivia aflora la formación Chol-Chol cubriendo con suave discordancia a los estratos de Pupunahue.

En la localidad de Cudico, ubicada al Noroeste de La Unión aflora una pequeña secuencia de rocas sedimentarias, pertenecientes a la formación Chol-Chol, se trata de lutitas y areniscas con restos de pelecípodos, gastrópodos, tallos y hojas; estas limolitas y areniscas se presentan alternadas y en partes dentro de las limolitas se observan micropliegues de arenisca.

En la localidad de Huenue, aproximadamente 14 kms. al Norte de Cudico se presenta una buena exposición de sedimentos terciarios, de abajo hacia arriba afloran; 2 m. de lutitas y limolitas fosilíferas muy alteradas 15 cm. de arenisca gris amarillenta; 1,5 m. de arenisca amarillenta y blanquecina muy fina con marcada descomposición esferoidal. Sobre esta secuencia hay 30 cms. de suelo.

En la carretera panamericana, 10 kms. aproximadamente al Norte de Paillaco, aflora una arenisca micácea muy fina con restos de tallos, hojas, pelecípodos y gastrópodos; estos últimos son escasos y muy mal conservados. Dichos sedimentos se apoyan con discordancia angular sobre esquistos del Basamento Cristalino.

En los alrededores de Puerto Trunao, en el río Bueno, afloran 5 m. de limolitas y lutitas micáceas, con abundante fauna y flora fósil, las capas están prácticamente horizontales. Sobre estos sedimentos se alternan sedimentos cuaternarios, lacustres y fluvio-glaciales.

En la localidad de Las Trancas aflora la misma litología descrita en Catamutun; areniscas amarillentas y lutitas grises azulejas, estas últimas con marcada descomposición esferoidal. En esta localidad es notable la cantidad de cenizas y arena volcánica moderna que cubre los sedimentos terciarios.

Espesor, edad y correlaciones.

Como ya se había señalado anteriormente la cantidad de material cuaternario que cubre las exposiciones de la formación Chol-Chol, unido a la presencia de una potente cobertura de suelos y al hecho de que las capas se interrumpen en la actual superficie de erosión, impiden hacer una estimación cabal del espesor de la formación.

Illies, K.H., (1) describe una serie "bastante pareja de arcillas azulejas, que se meteorizan de un color amarillento-ocre", en la Provincia de Valdivia, y que denominó capas marinas del Piso de Navidad (Mioceno); en sectores, estos depósitos contendrían abundantes concreciones calcáreas, junto a restos de moluscos muy bien conservados;

(1) Illies K, H., (1960) Op. Cit.

las fracciones arcillosas a arenosas finas, contendrían además, bastante mica. La descripción de Illies, nos permite correlacionar esos depósitos con la formación Chol-Chol, muy bien representada en las cárcavas del Estero Dollinco, (Osorno) y con la formación Chol-Chol de nuestro estudio expuesta principalmente en Cudico, Huenue, Catamutun, Río Chaihuín (curso superior) y Las Trancas.

En la Provincia de Valdivia no se dispone de datos de sub-superficie como es el caso de Cautín. García, F., (1) señala que en el pozo estratigráfico S-121 de ENAP, ubicado a 7 Kms. al Noroeste de Temuco, en el camino Temuco-Chol-Chol, se habrían cortado 150 m. de esta formación. Por otra parte en el curso medio superior del río Huilma, (Provincia de Osorno), este mismo autor describe la formación Dollinco que sería correlacionable con la formación Chol-Chol y señala que afloran aproximadamente 200 m. de esa sección, igual sería el caso para la formación Huilma. De todas maneras señalar 200 m. de potencia promedio para la formación Chol-Chol parece ser una estimación bastante aceptable por el momento.

La microfauna colectada por ENAP, en la Provincia de Cautín, permitió establecer la presencia de especies estratigráficamente significativas, como son, *Nodosaria spinocosta* d'Orbigny y *Cristellaria calcar*; lo que les permitió asignar a la formación Chol-Chol una edad miocénica, correlacionándola con las formaciones Huilma (Osorno), Ranquil (Arauco) y Navidad (Santiago). (2).

Por otra parte Illies (3), al referirse a los estratos de Pupunahue, dice que este mismo tipo de estratos afloran en Catamutun, dando a los estratos de Pupunahue una edad Oligocénica, agrega además que en el techo de los mantos de carbón se depositaron capas de arcillas claras de estratificación fina. Estas arcillas que en Pupunahue están cubiertas ocasionalmente por depósitos morrénicos cuaternarios se encuentran en dirección a Máfil, bajo los sedimentos marinos del piso de Navidad (Mioceno). El mismo tipo de recubrimiento se observa en la cuenca de Catamutun donde, por otra parte, los mantos de carbón son de mejor calidad.

Según García, F., (1) en la zona de Curaco, 10 Kms. al Norte de Nueva Imperial, los mantos de carbón de la formación Chol-Chol se presentan en una litología similar a la de Catamutun y además se apoyan directamente sobre el Basamento de pizarras micáceas. Debido a este hecho nos inclinamos a pensar que los estratos de Catamutun podrían corresponder a la parte basal de la formación Chol-Chol y más aún, posiblemente al Oligoceno.

4.1.4. Serie Efusiva Máfica. (Terciario Superior-Plioceno).

Esta serie fue descrita por Aguirre y Levi (4) y se designaron con este nombre a un conjunto de lavas y piroclásticos andesíticos y/o basálticos, que se ubican en la porción precordillerana y cordillerana de los Andes.

(1) García, F. (1968) Op. Cit.

(2) García, F. (1969) Op. Cit.

(3) Illies, H. (1960) Op. Cit.

(4) Aguirre, L. y Levi, B. (1964) Op. Cit.

En el área que nos preocupa, está muy bien representada al Norte del Lago Panguipulli y al Norte y al Oeste del volcán Puyehue, respectivamente, conformando una línea Norte-Sur que coincide aproximadamente con el paralelo 72 (faja de dislocación tectónica (1)).

La Serie Efusiva Máfica sobreyace discordantemente a las rocas graníticas (Basamento granítico) y a las formaciones mesozoicas y pre-mesozoicas, haciendo bastante difícil su delimitación. Esta serie es sumamente amplia en lo que se refiere a su carácter litológico y extensión areal; se pueden distinguir tres unidades, aunque entre ellas son perfectamente relacionables; la primera estaría formada por lavas andesíticas y basálticas (volcamiento fisural), en estratos horizontales a subhorizontales con una gran extensión areal y que forman cerros altos y continuos, con una morfología de meseta, disectada por una fuerte erosión glaciaria.

La segunda unidad estaría formada por lavas basálticas y andesíticas de color gris oscuro y con típica disyunción columnar, y que hemos denominado, Vulcanitas de Valle.

Una tercera unidad sería la que corresponde a los conos volcánicos activos o apagados con sus correspondientes productos, (volcanismo central), esta unidad a pesar de pertenecer a la Serie Efusiva Máfica es netamente Cuaternaria, Post-Pliocénica, ya que el volcanismo que dio origen a la parte superior de la serie es el que continúa hasta el presente, por lo tanto la abordaremos en un capítulo aparte.

Los principales afloramientos de la Serie Efusiva Máfica se presentan de Norte a Sur en las siguientes localidades:

En el faldeo suroccidental del volcán Quetrupillán, en el nacimiento del río Reyeguico, aflora una andesita porfírica de color gris oscuro.

Al microscopio se observan cristales de plagioclasa bastante alterados y fenocristales de clinopiroxena posiblemente augita, alterados a clorita. La masa fundamental tiene textura intergranular, existen muchos cristales de plagioclasa y clinopiroxena, alterados a clorita, además se observa calcita rellanando amígdalas y minerales opacos, probablemente magnetita.

Pocos kilómetros al noroeste del Lago Pellaifa, en el faldeo Sur del volcán Villarrica se tomó una muestra que megascópicamente corresponde a un basalto de color gris, algo poroso.

Al microscopio resultó ser un basalto de olivina y piroxena, la roca tiene textura porfírica, determinada por la presencia de fenocristales de plagioclasa orientados, clinopiroxena y olivina. La masa fundamental es vítrea de color café oscuro, este color nos podría indicar la presencia de un contenido de hierro considerable.

En el Lago Neltume, las rocas que constituyen la Serie Efusiva Máfica ocupan todo el flanco oriental del lago y parte del occidental. Los tipos litológicos más importantes son basaltos de augita e hiperstena, de augita y olivina, andesitas basálticas y pórfidos andesíticos.

En el fundo Pallahuente, ubicado en la ribera occidental del lago Neltume, la Serie Efusiva Máfica por el Sur está en contacto discordante con la formación Panguipulli y por el Oeste y Noroeste sobreyace discordantemente a las rocas graníticas; se trata de andesitas basálticas y pórfidos andesíticos alterados. Se observan además considerables espesores de piedra pómez, que cubren esta serie. Una muestra de esta zona, descrita megascópicamente, corresponde a una andesita descompuesta.

(1) Klohn G. C., (1960) "Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central, provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó". Santiago, Inst. de Investigaciones Geológicas (I.I.G.)

Al microscopio presenta textura porfírica, determinada por la presencia de fenocristales de plagioclasa (20 o/o, An. 44, los que se presentan quebrados y muy arcillizados. La masa fundamental (80 o/o) es microcristalina de textura hialopílica, con magnetita tanto en núcleos como diseminada. Como minerales secundarios se presentan calcita y clorita rellanando amígdalas y como accesorio granate.

Al Suroeste del grupo volcánico Mocho-Choshuenco, en el cerro Chaquemahuida, Huechulafquén y San Francisco, afloran rocas pertenecientes a la Serie Efusiva Máfica, la litología de estas rocas y su actitud tectónica es muy similar a la descrita para la zona anterior.

En el lecho del río Nilahue, en la región de Llifén, afloran basaltos andesíticos de color gris oscuro.

Al Sur-este del Lago Ranco inmediatamente al Sur de la hostería Riñinahue, afloran andesitas, basaltos y brechas volcánicas.

Una muestra de andesita al microscopio se presenta bastante alterada con fenocristales de plagioclasa y abundantes opacos, alrededor de los cuales se encuentra biotita secundaria. La masa fundamental es de vidrio parcialmente desvitricado con alteración a clorita, se observa epidota y algo de biotita en cristales muy pequeños. Hay muchos minerales opacos, probablemente magnetita.

En la ribera Sur del Lago Maihue afloran andesitas de clinopiroxena, probablemente augita. En la localidad de San Pablo en las proximidades de la colonia de Rucatayo y en el curso superior del río Pichi-Chirri, afloran lavas andesíticas de hiperstena. En la ribera nororiental del Lago Puyehue, afloran andesitas de hiperstena, típicas de la Serie Efusiva Máfica.

Al microscopio presentan textura porfírica, fenocristales de plagioclasa (andesina) e hiperstena con bordes alterados. La masa fundamental está constituida por microlitas de plagioclasa, pequeños gránulos de piroxena, minerales opacos y vidrio.

El material piroclástico de la Serie está representado por brechas, lapilli y cenizas, estas últimas presentan espesores considerables y tienen una gran distribución. Las brechas corresponden a brechas conglomerádicas, intercaladas con sedimentos lacustres. Los rodados son de andesita porfírica de hasta 40 cm. de diámetro como máximo, la mayoría no pasa de 6 a 10 cm.; los más grandes son graníticos, la matriz es areno-limosa. Esta roca se presenta bastante alterada y fracturada y sus mejores exposiciones se encuentran en la ribera oriental del Lago Neltume. Como se hace notar más adelante, esta serie tiene en muchos casos como techo la actual superficie de erosión por lo que es difícil decidir si los piroclásticos son recientes o más antiguos.

4.1.4.1. Vulcanitas de Valle.

Las vulcanitas de valle al igual que las emisiones lávicas más antiguas pertenecen a la serie Efusiva Máfica, se distinguen esencialmente por su carácter morfológico, por su posición horizontal a sub-horizontal y porque constituyen coladas continuas con típica disyunción columnar. Los tipos litológicos más representativos corresponde, en su mayoría a basaltos de augita y olivina.

Al norte del lago Calafquén en la localidad de Picura afloran basaltos de color gris oscuro formando un pequeño relieve (morro) de unos 25 m. de alto. Al sur del lago Calafquén y del lago Pullinque en las colinas de Lincancura se observan los mismos

basaltos con típica disyunción columnar, las paredes que forman son prácticamente verticales. Esta misma litología se repite al Sur del lago Ranco, en los ríos Iculpe y Pichiculpe y en las localidades de Tringlo y cerro Orientado. Se encuentran además, en el Salto de Huilo-Huilo, 14 Kms. al Este del caserío de Choshuenco y en Quebrada Honda.

En la localidad del Salto de Huilo-Huilo aflora una potente serie de basaltos de color negro brillante, densos, algo vesiculares; el río Fuy ha excavado su curso a través de ellos formando estrechas gargantas.

Una muestra de este basalto al microscopio presenta textura porfírica fluidal, determinada por la presencia de fenocristales de plagioclasa (15 o/o) orientados, An 50-52 (Labradorita zonada normalmente), algunos presentan embahiamientos de material vítreo y núcleos arcillizados, además fenocristales de augita, hiperstena y olivina, estos últimos con bordes corredos vítreos. La masa fundamental (76 o/o), es de textura hialopilitica, determinada por microlitas de plagioclasa orientadas en una pasta de vidrio pardo negruzco con magnetita abundantemente diseminada.

En Quebrada Honda, al sureste del salto de Huilo-Huilo, afloran basaltos densos, afaníticos, en parte muestran una textura fluidal, la olivina es muy abundante (10 o/o).

Espeor, edad y correlaciones

La Serie Efusiva Máfica tiene espesores variables, ésto se debe principalmente a la mayor o menor cercanía de los centros volcánicos que la han emitido, a la duración de la actividad volcánica y a la naturaleza misma de los estratos que la forman. Por otra parte no se conocen las relaciones existentes entre esta serie y las rocas infrayacentes y su techo muchas veces coincide con la actual superficie de erosión, por lo cual podríamos tentativamente decir que su potencia varía entre algunas decenas de metros hasta varios centenares.

Hauser (1) señala en la Provincia de Cautín para esta serie una potencia promedio de 400 m.

Aguirre y Levi (2) señalan que la unidad más antigua de la serie posee marcadas afinidades petrográficas con la formación "Cola de Zorro" descrita por González y Vergara (3) y asignada al Plio-Pleistoceno. Ruiz, C., (4) asigna la formación "Cola de Zorro" con mucha probabilidad, al Terciario Superior (posiblemente Plioceno).

Con estos antecedentes podemos asignar una edad Terciaria Superior (Plioceno) para la base de la Serie Efusiva Máfica.

5.— Cuaternario

5.1 Lavas Modernas. (Andesitas y Basaltos)

Numerosas son las estructuras volcánicas existentes en al área estudiada y de acuerdo con su carácter morfofenético las podemos dividir en los siguientes tipos:

-
- (1) Hauser, A., (1970) Op. Cit.
 - (2) Aguirre, L. y Levi, B. (1964) Op. Cit.
 - (3) González, O., y Vergara, M. (1962) "Reconocimiento geológico de la Cordillera de los Andes entre los paralelos 35° y 38° Lat Sur. Publ. Nº 24 Apartado Vol. 19 de los Anales de la Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas.
 - (4) Ruiz, C., (1965) "Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Stgo. I.I.G. 2 vols.

Estratos-volcanes:	Villarrica (2.840 m.) Mocho (2.430 m.) Los Venados (1.000 m.)
Calderas:	Quetrupillán (2.360 m.) Choshuenco (2.360 m.) Puyehue o Cauye (2.240 m.)
Esqueletos volcánicos:	Mirador (1.776 m.)
Maar:	Pocura, Nilahue y volcán Carrán.

Los tipos litológicos de estas estructuras volcánicas son bastantes similares, consisten principalmente en andesitas y basaltos de augita y olivina con sus correspondientes piroclásticos.

En general el magma original parece corresponder a un magma básico a intermedio, aluminoso, en el que muy ocasionalmente aparecen lavas del tipo riolítico-dacítico. Esto último es perfectamente explicable, debido a que esta zona pertenece a la provincia magmática Andina de la zona Sur. González y Katsui (1) hacen notar para esta zona que: "El magma original del volcanismo Cenozoico superior en la zona sur correspondería al basalto aluminoso; las andesitas y riolitas de la serie calco-alcalina pueden haberse derivado del mismo magma por contaminación con la corteza sílica así como por cristalización fraccionada".

El grupo volcánico Mocho-Choshuenco que fue estudiado en detalle por el autor, consiste en una caldera muy erosionada, restos del antiguo estrato-volcán Choshuenco constituida por lavas andesíticas-basálticas con sus correspondientes piroclásticos y un cono cinerítico que es el actual estrato-volcán Mocho que representa el volcanismo andesítico postglacial.

Estas estructuras están íntimamente relacionadas con cráteres de explosión como lo es el cráter del Buey; cráteres parásitos como los cráteres Fuy I, Fuy II, Triful y Pilmaiquén y lahares como el lahar del Mocho.

De gran importancia y significación es la cantidad de piroclásticos, cenizas y pómez eyectada por este grupo volcánico.

La estructura está relacionada con una tectónica de fallas que controla el volcanismo andesítico cuaternario desarrollado en una franja norte-sur que ubica en una línea a la mayoría de los centros volcánicos de la zona Sur del país, a los cuales se les suma las fallas de colapso que originaron la formación de la caldera Choshuenco.

Al comparar petrográfica y químicamente rocas del grupo volcánico Mocho-Choshuenco con rocas de otros centros volcánicos de la zona sur podemos apreciar que existe una estrecha relación entre ellas. En cuanto a la naturaleza del magma, según el diagrama alcalis sílice de Kuno, resultó corresponder a la composición del basalto aluminoso, lo que comprueba lo aseverado por González y Katsui (2). En lo que respecta a los volcanes Villarrica y Quetrupillán no me referiré a ellos debido a que

(1) González F, O. y Katsui, Y. (1968) "Geología del área neovolcánica de los nevados de Payachata. Provincia de Tarapacá, Depto. de Arica, Publ. N° 29 Depto. de Geología U. de Chile.
(2) González F, O., y Katsui, Y. (1968) Op. Cit.

fueron ya descritos en el informe de la Provincia de Cautín; en cuanto a los volcanes Riñihue, Carrán, Nilahue, Picura, los Venados y Puyehue no es mucho lo que se sabe, debido principalmente a que no han sido objeto hasta el momento de un estudio detallado. El volcán Riñihue según Cofré, C., (1) hizo erupción el 7 de abril de 1907, en esa ocasión hubo gran desprendimiento de gases y cenizas. Este volcán junto con los volcanes Nilahue, Picura y Carrán parecen corresponder a un solo grupo volcánico. Los materiales eyectados corresponden principalmente a basaltos vesiculares de olivina de aspecto fluidal y basaltos densos de augita y olivina con sus correspondientes piroclásticos.

El volcán Puyehue más conocido en la región con el nombre de Cauye es una caldera con un amplio cráter lleno de hielo, que en su faldeo norte presenta una apreciable concentración de azufre, el cual podría llegar a constituir eventualmente un yacimiento.

Concluyendo cabe destacar que esta actividad volcánica de explosiones con abundante producción de cenizas ha jugado un papel muy importante en el desarrollo y formación de los suelos, puesto que ha proporcionado prácticamente la totalidad de los materiales generadores de suelos volcánicos en la zona.

(1) Cofré, C., (1956) "Erupción del volcán Nilahue" Apartado del vol. 13 de los Anales de la Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile.

**GEOQUIMICA DEL DRENAJE
DE LA PROVINCIA DE
VALDIVIA**

FERNANDA LILLO RAMIREZ (geólogo)

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO.

La prospección geoquímica se basa en la medición del contenido de un elemento o grupo de elementos en rocas, suelos, sedimentos, vegetación o agua, con el objeto de descubrir un patrón químico anormal o anomalía geoquímica.

Dicha anomalía geoquímica puede tener su origen en los procesos de mineralización, los que afectan normalmente un área varias veces mayor que el yacimiento mismo, así como en la dispersión secundaria debida a la meteorización y erosión de las rocas mineralizadas.

El estudio geoquímico regional, que consistió en el muestreo y análisis de sedimentos del drenaje, es el más adecuado para la zona objeto del presente estudio, puesto que permite, mediante la recolección de un número relativamente pequeño de muestras, obtener valores que son representativos de extensas áreas, cuyo acceso es a menudo difícil.

Dadas las condiciones de difícil accesibilidad de gran parte de la provincia y del tiempo y medios limitados con que se contó para la ejecución del trabajo, no fue posible efectuar un muestreo de densidad satisfactoria.

1.1.— Características geoquímicas de los elementos investigados.

1.1.1. Cobre.

El cobre es un elemento sulfófilo, es decir, que posee gran afinidad con el azufre; factor que determina su forma de presentación en la naturaleza.

Generalmente se asocia al Pb, Zn, Mo, Ag, Au, Sb y Se, en depósitos de sulfuros; además se presenta en asociaciones Cu-Ni-Pt y Cu-Co-As (Howkes y Webb, 1962). (1).

Los minerales primarios del Cu son sulfuros y sulfosales; los secundarios, son los óxidos, carbonatos, sulfatos y silicatos. La movilidad del Cu es dependiente del pH de la solución; a pH alrededor de 5.5, la movilidad es muy alta; y es baja, en soluciones alcalinas o neutras. Además, el Cu es removido por coprecipitación con limonita o por sorción de la materia orgánica y de los minerales arcillosos.

Howkes y Webb (1) consideran muy adecuado para la prospección del Cu, la determinación de su contenido en los sedimentos del drenaje, especialmente en las zonas donde los suelos enriquecidos en este elemento están siendo erosionados. Por otra parte, este mismo sistema ha sido empleado con éxito en muchos países, incluso el nuestro. Su abundancia en las rocas ígneas se indica en el cuadro N.º 1, al final de este capítulo, al igual que las del Zn y Mo.

De Grays, 1961 (2) analizó el contenido de Cu, Pb y Zn en sedimentos y aguas de algunos ríos andinos chilenos comprendidos entre las latitudes 34°S. Las concentraciones medias encontradas en los sedimentos fueron: Cu: 40 ppm, Zn: 25 ppm y Pb: 25 ppm.

(1) Howkes H. E. y Webb J. S. (1962). *Geochemistry in mineral exploration*. Ed. Harper and Row New York.

(2) De Grays, Ann, 1961. *Copper, Lead and Zinc in rivers draining Chilean Andes*. *Econ. Geol.* Vol. 56pp. 1456-1464.

El contenido de Cu en los ríos de la región de los Lagos fue ligeramente superior: 50 ppm, y varios ríos presentaron valores sobre esa cifra, las que se atribuyeron a las rocas basálticas que afloran en la región. También se encontraron valores anómalos de Zn, generalmente asociados a valores altos de Cu o Pb. Los contenidos anómalos de Pb son de difícil interpretación ya que ese elemento tiene bajas concentraciones en los basaltos y tampoco se conocen mineralizaciones de Pb en esa zona.

Oyarzún, 1966 (1) efectuó un reconocimiento geoquímico de los sedimentos del drenaje en la región transandina de Aisén. El estudio determinó las siguientes concentraciones promedio: Cu: 30 ppm y Zn: 78 ppm. Cabe señalar que la región estudiada incluye algunos yacimientos de Pb, Zn y Cu de relativa importancia.

1.1.2. Cinc

Al igual que el Cu, el Zn es un elemento sulfófilo y sus principales asociaciones son con el Cu, Pb, Ag, Au, Sb y Se. La mena primaria es la blenda (mineral inestable) y como mineral secundario se presenta en forma de sulfatos, carbonatos y silicatos hidratados.

La movilidad del cinc es alta, limitada por la actividad orgánica y por la coprecipitación con limonita. Los patrones de dispersión de este elemento en las aguas subterráneas y en las aguas y sedimentos del drenaje, debido a su alta movilidad son muy útiles para la prospección, especialmente de tipo regional.

El promedio del contenido de Zn en los sedimentos de los ríos andinos comprendidos entre las latitudes 34°S y 41°S es de 25 ppm (2). Este mismo promedio, para los ríos de la región transandina de Aisén, es de 78 ppm. (1).

1.1.3 Molibdeno

El molibdeno es un elemento siderófilo y, en menor grado, sulfófilo. Es común su asociación con W y Sn en depósitos metamórficos de contacto y su asociación con Cu y Re en depósitos de pórfidos cupríferos. Su mineral primario es la molibdenita; entre los minerales secundarios podemos mencionar la limonita, ferro-molibdenita, jarosita, etc.

La movilidad del Mo varía de moderada a extremadamente alta, limitada, 1.o) en razón a la solución de molibdenita primaria; 2.o) por sorción de la limonita a la forma de ferrimolibdenita a pH 2.5–7.0 y en menor grado, de minerales de arcilla a pH 2-4; y 3.o) por precipitación en ambientes ricos en carbonatos. De todos modos, la movilidad del Mo, es independiente de las variaciones del pH.

Son muy escasos los datos sobre concentraciones de este elemento en sedimentos pero, dado que el Mo es bastante móvil (soluble), su contenido en sedimentos normales debe ser menor que su abundancia en las rocas de la región drenada.

Contenidos promedio de Mo en las rocas ígneas se pueden ver en el cuadro N.º 1.

(1) Oyarzún, J. 1966. Estudio geoquímico del drenaje en la región transandina de Aisén. Inf. N.º 20. IREN.
 (2) De Grys, A., 1961. Op. cit.

Las estimaciones de abundancia más modernas de ciertos elementos, entre ellos Cu, Zn y Mo en las rocas ígneas, son las de Turekian y Wedephol, (1) y las Vinogradov, (2), las cuales damos a continuación:

CUADRO N.º 1

Turekian y Wedephol (1961)

	Cu	Zn	Mo
Rocas ultrabásicas	10 ppm	50 ppm	0.3 ppm
Rocas basálticas	87 "	105 "	1.5 "
Rocas altas en Ca	20 "	60 "	1.0 "
Rocas bajas en Ca	10 "	39 "	1.3 "
Sienitas	5 "	130 "	0.6 "

Vinogradov (1962)

Rocas ultramáficas	20 ppm	30 ppm	0.2 ppm
Rocas máficas	100 "	130 "	1.4 "
Rocas intermedias	35 "	72 "	0.9 "
Rocas félsicas	20 "	60 "	1.0 "

1.2. Metodología empleada.

En el presente estudio se muestrearon sedimentos de 190 esteros y ríos menores. Las muestras se separaron en dos grupos: las de la zona oriental y las de zona occidental de la provincia; de modo que se obtuvieron dos conjuntos de datos lo más grandes y homogéneos posibles. En efecto, se incluyeron en el primer grupo todas las muestras de sedimentos tomadas en cursos de aguas que drenan las rocas constituyentes de la Precordillera y Cordillera de los Andes; y en el 2.º grupo se incluyeron las muestras correspondientes de la Cordillera de la Costa.

Los ríos mayores no fueron muestreados debido a que drenan extensas áreas y las eventuales fuentes de anomalía tienden a diluirse en el gran volumen de sedimentos que acarrear.

La recolección de las muestras se efectuó entre los meses de enero y marzo, inclusive, de 1970 y contó con la colaboración del geólogo de IREN, Sr. Francisco Di Biase y de la estudiante de Geología Srta. Erika Borchers.

Los puntos muestreados se ubicaron en mosaicos del Proyecto Aerofotogramétrico (P.A.F.) escala 1:50.000 y en las cartas escala 1:250.000 del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.), las que se emplearon también en el Mapa Metalométrico. El fondo geológico de dicho mapa fue realizado por Francisco Di Biase y Corresponde al estudio específico de Geología Regional.

-
- (1) Turekian, K. K. and Wedephol, K. H. (1961): Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Geol. Soc. Am. Bull. Vol. 72pp. 175-192.
- (2) Vinogradov, A. P. (1962). Average content of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the earth's crust. Geochemistry, N° 7 pp. 641-664.

Los análisis de Cu, Zn y Mo fueron encargados al laboratorio químico del Instituto de Investigaciones Geológicas, en el que se emplearon los siguientes métodos:

Cobre: Absorción atómica, con un límite de detección de 10 ppm. y sensibilidad de 1 ppm.

Cinc: Absorción atómica, con un límite de detección de 2 ppm. y sensibilidad de 0.2 ppm.

Molibdeno: Fotometría del complejo de Tiocianato, con un límite de detección de 1 ppm. y sensibilidad de 0.5 ppm.

Tratamiento Estadístico de los Datos

Los valores obtenidos de los análisis químicos se interpretaron mediante 2 procedimientos: uno gráfico, aplicable a poblaciones de distribución lognormal y otro estadístico simple, basado en el empleo de la desviación standard (DS). Ambos métodos mostraron una marcada correspondencia en los resultados.

En la construcción de los gráficos se empleó el método de Hubaux, (1961) en Lepeltier (1), que consiste en ubicar en ordenadas de escala logarítmica los valores de concentración, distribuidos en clases, contra los porcentajes acumulativos en las abscisas de escala probabilística.

La obtención de una línea recta significa una distribución lognormal de los valores, que es el tipo de distribución que presentan generalmente los elementos en trazas en un ambiente determinado. En este tipo de distribución los valores no están distribuidos normalmente, pero sí lo están sus logaritmos.

Si la recta presenta pendiente suave significa que el rango de valores es estrecho, es decir, hay una menor dispersión. Las mayores dispersiones provienen de variaciones bruscas en el aporte de metal, por ejemplo, presencia de un yacimiento, o bien, de localizaciones favorables para su concentración en distancias cortas. Por otra parte, si la distribución de dos metales se traduce en líneas paralelas, esto significa que los factores geológicos que los controlan son similares, aunque sus concentraciones medias difieren. Un cambio en la pendiente de la línea indica que la distribución es mixta, es decir, que incluye más de una población. Una o más de estas poblaciones pueden representar anomalías geoquímicas, aunque esto no es el caso general.

Debido a que la distribución tiende a ser compleja en las áreas mineralizadas, por efecto de la superposición de dispersiones de diferente origen, se puede obtener no sólo variaciones en la pendiente de la recta, sino que también, líneas en forma de S (2).

Además del método recién descrito, se determinaron 2 parámetros importantes en la interpretación geoquímica, mediante cálculos estadísticos simples: el valor de fondo y el umbral.

El Valor de Fondo o "Background" es la abundancia normal de un elemento en medios no contaminados con la mineralización. El Valor de Fondo corresponde a un rango de valores que limita las oscilaciones normales de éstos en torno a un valor medio. El límite superior de estas oscilaciones se denomina Umbral (U) las

-
- (1) Lepeltier, C. (1969). A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Econ. Geol.* Vol. 64 pp. 538-550.
- (2) Tennant, C. B. and White, M. L. (1959), Study of the distribution of some geochemical data. *Econ. Geol.* Vol. 54 pp. 1281-1290.

concentraciones superiores a él se consideran como posibles anomalías geoquímicas.

Siguiendo el criterio de Howkes y Webb (1), se fijó el Valor de Fondo como igual a la Mediana (M) (valor que divide la población en 2 partes iguales) y el Umbral en una cifra igual a la Mediana más 2 Desviaciones Standards.

2. GEOLOGIA Y MINERALIZACION

La mayor parte de la provincia de Valdivia está constituida por dos unidades litológicas: el Basamento Cristalino (Precámbrico y/o Paleozoico) y el Batolito del Cretácico Superior. Las rocas metamórficas afloran en la Cordillera de la Costa y se internan hacia el E. en la parte sur del Lago Riñihue (Formación Panguipulli). El Batolito aparece principalmente en la parte oriental de la provincia (Cordillera y Precordillera de los Andes), aunque presenta pequeñas apófisis en la zona del Basamento. Intruye al Basamento y a las Formaciones Tralcán (Triásico Superior) y Curarrehue (Cretácico Superior), cuyos afloramientos tienen poca extensión y aparecen en las zonas de mayor erosión de los grandes lagos (Riñihue y Ranco, respectivamente).

Tanto las rocas metamórficas como las graníticas están cubiertas por formaciones terciarias sedimentarias: Formación Capas de San Pedro, Terciario Inferior (continental); Formación Estratos de Pupunahue, Terciario Medio (continental) y Formación Chol-Chol, Terciario Superior (marino). Las formaciones Terciarias volcánicas afloran sólo en la parte oriental: Vulcanitas de Valle (Terciario Superior) y Serie Efusiva Máfica, Terciario Superior – Cuaternario, y corresponden principalmente a rocas andesítico-basálticas.

El Cuaternario está representado por los sedimentos glaciales, fluviales y fluvioglaciales que se extienden principalmente entre la Cordillera de la Costa y los grandes lagos, presentando su mayor desarrollo al sur de la provincia; y por las volcanitas modernas. Estas últimas consisten en andesitas y andesitas basálticas que provienen de los centros volcánicos situados en la Cordillera de los Andes.

Desde el punto de vista metalogénico, las formaciones más antiguas de esta región, de edad Precámbrica y/o Paleozoica, presentan ciertas perspectivas mineras, puesto que se conocen mineralizaciones de Cu, Fe, Mn, Cr, Ni y Sb, asociadas al Basamento Cristalino (O. Alvarez, inf. verbal). Además, según Ruiz, C. (2), se ha reconocido la presencia de oro en las rocas metamórficas de la Cordillera de la Costa, las que habrían dado origen a los yacimientos aluvionales de este metal, que en otra época fueron de gran importancia en la provincia de Valdivia.

Otra posibilidad de mineralización la presentan las rocas graníticas del Cretácico Superior y sus contactos con las Formaciones más antiguas. Al respecto cabe señalar que Aguirre y Levi (3) señalan la presencia de una zona de alteración hidrotermal en el río Folil, al E. del Lago Ranco; así como también, indicios de Cu y Mo en rocas graníticas que afloran al SE del Lago Todos los Santos, (Prov. de Llanquihue), en las cercanías de rocas que se podrían asignar a la Formación Curarrehue.

(1) Howkes and Webb (1962) Op. cit.

(2) Ruiz, C., (1965). Geología y Yacimientos Metalíferos de Chile Stgo. IIG.

(3) Aguirre, L. y Levi, B. (1964). Geología de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue. Stgo. IIG. Bol. 17

3.- RESULTADOS OBTENIDOS

3.1 Cobre

Zona Oriental.— En esta zona los contenidos de Cu fluctúan entre un mínimo de 10 ppm. y un máximo de 65 ppm. El Promedio es de 26 ppm., la Mediana es de 25 ppm. y el Umbral es de 45 ppm. Cabe destacar que 5 muestras presentan valores mayores que el Umbral y 7 muestras tienen un valor de 40 ppm.

La Curva de Frecuencia muestra que existirían dos poblaciones de valores; la segunda de las cuales se reflejaría en un cambio de la pendiente de la recta, alrededor de las 40 ppm. valor que corresponde a un porcentaje acumulativo de 39 o/o.

Zona occidental.— Aquí los valores fluctúan entre un mínimo de 5 ppm y un máximo de 65 ppm. El Promedio es de 28 ppm, la Mediana es de 25 ppm. y el Umbral es de 51 ppm. Sólo 6 muestras tienen valores superiores al umbral y 12 muestras presentan cifras superiores a la mediana más una desviación standard.

Del examen de la Curva de Frecuencia se deduce que sólo existirían 2 poblaciones las cuales están definidas por un quiebre alrededor del punto correspondiente a las 16 ppm, valor que corresponde a un porcentaje acumulativo de 18.5 o/o.

Los Histogramas presentan un aspecto lognormal, con las mayores concentraciones (42 o/o para la zona oriental y 35 o/o para la zona occidental), alrededor de los valores bajos; del orden de 20 ppm. El valor promedio del Cu en la zona oriental (26 ppm) es ligeramente menor que el de la zona occidental (28 ppm) y la mitad del contenido encontrado por De Grys (1), en la región de Los Lagos (50 ppm). Además los valores promedios de ambas zonas de Valdivia son ligeramente menores que la cifra de los ríos de la región transandina de Aisen: 30 ppm. (2).

Las muestras con concentraciones de Cu de mayor interés de la provincia se pueden agrupar en 10 sectores, 5 de los cuales se encuentran en afloramientos del Basamento Cristalino y los 5 restantes en zonas de litología variada.

Anomalías en la zona del Basamento Cristalino:

- 1.- Inmediatamente al N de la ciudad de San José de la Mariquina, hasta el límite con la provincia de Cautín: 4 valores altos en Cu y 3 valores altos en Zn.
- 2.- Río Cruces: 3 valores altos en Cu, 2 de los cuales son también altos en Zn.
- 3.- SE de la ciudad de San José de la Mariquina: una de las muestras está cerca del antiguo lavadero de oro de Madre de Dios; otra, tomada cerca de la estación de Ciruelos, presenta también un valor alto de Zn.
- 4.- Inmediaciones del Cerro Las Animas: 4 muestras interesantes. 2 tienen valores altos de Cu, una de Zn y una de ambos elementos.
- 5.- Alrededores de la mina de Catamutún: una muestra con valor alto de Cu y muy alto de Zn.

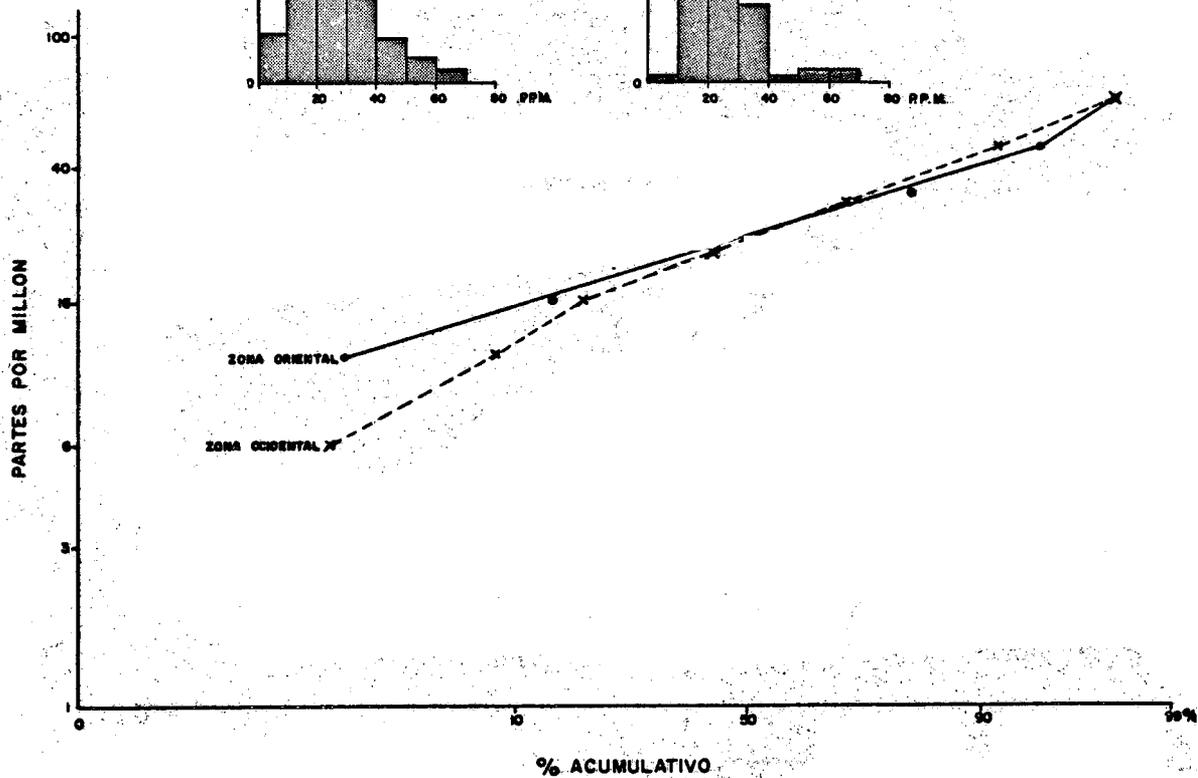
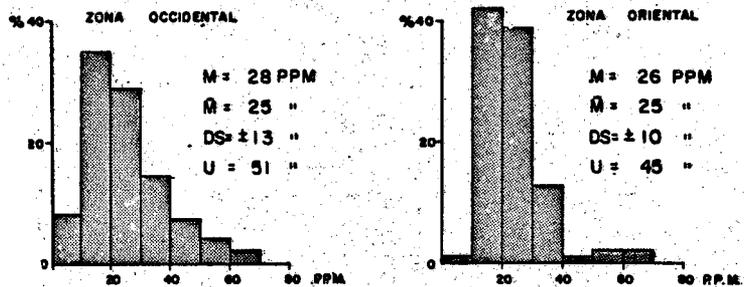
Anomalías en zonas de distinta litología:

- 6.- Inmediatamente al W. de los lagos Panguipulli y Riñihue: 3 muestras con valores

(1) De Grys, A., 1961. Op. cit.

(2) Oyarzún, J. 1966, Op. cit.

COBRE
GRAFICOS DE DISTRIBUCION - PROVINCIA DE VALDIVIA.



altos de Cu, 2 de las cuales son también altos en Mo (drenaje de granitos y de rocas de la Formación Tralcán) y una, de drenaje del Basamento Cristalino, es alta en los 3 metales.

- 7.- Al NE del lago Panguipulli y SW del lago Calafquén: 3 muestras con valores altos de Cu, una de las cuales es también alta en Zn. El drenaje corresponde al contacto de la Serie Efusiva Máfica con rocas graníticas y con la Formación Panguipulli.
- 8.- Confluencia de los ríos Folil y Currinque: 2 muestras con valores altos de Cu, una de las cuales es también alta en Zn.
- 9.- Ribera S. del Lago Ranco: 3 muestras altas en Cu, 2 de las cuales son también muy altas en Zn. Corresponden al drenaje de rocas de la Serie Efusiva Máfica y rocas graníticas.
- 10 Inmediatamente al N del Lago Puyehue: 2 muestras muy altas en Cu y en Zn, en el drenaje de la Serie Efusiva Máfica.

3.2. Cinc.

Zona Oriental.— Los contenidos de Zn fluctúan entre 30 ppm y 175 ppm. El Promedio de los valores es de 59 ppm, la Mediana 55 ppm y el Umbral 93 ppm. Se encontraron 11 muestras con valores mayores que la mediana más una desviación standard y sólo 3 con valores mayores que el umbral.

Del estudio de la Curva de Distribución se deduce que existirían dos poblaciones de valores, la más alta de las cuales correspondería aproximadamente a concentraciones mayores que la mediana más una desviación standard (alrededor de 75 ppm).

Zona Occidental.— Las concentraciones varían entre 25 y 220 ppm. El Promedio es de 62 ppm., la Mediana 55 ppm y el Umbral 111 ppm. Doce muestras sobrepasan el valor de la mediana más una desviación standard, pero sólo 5 son mayores que el umbral.

La Curva de Distribución presenta quiebres en las ordenadas correspondientes a 63 y 126 ppm. Puesto que los cambios de pendiente son muy pequeños, no se podría concluir que se trata de distintas poblaciones.

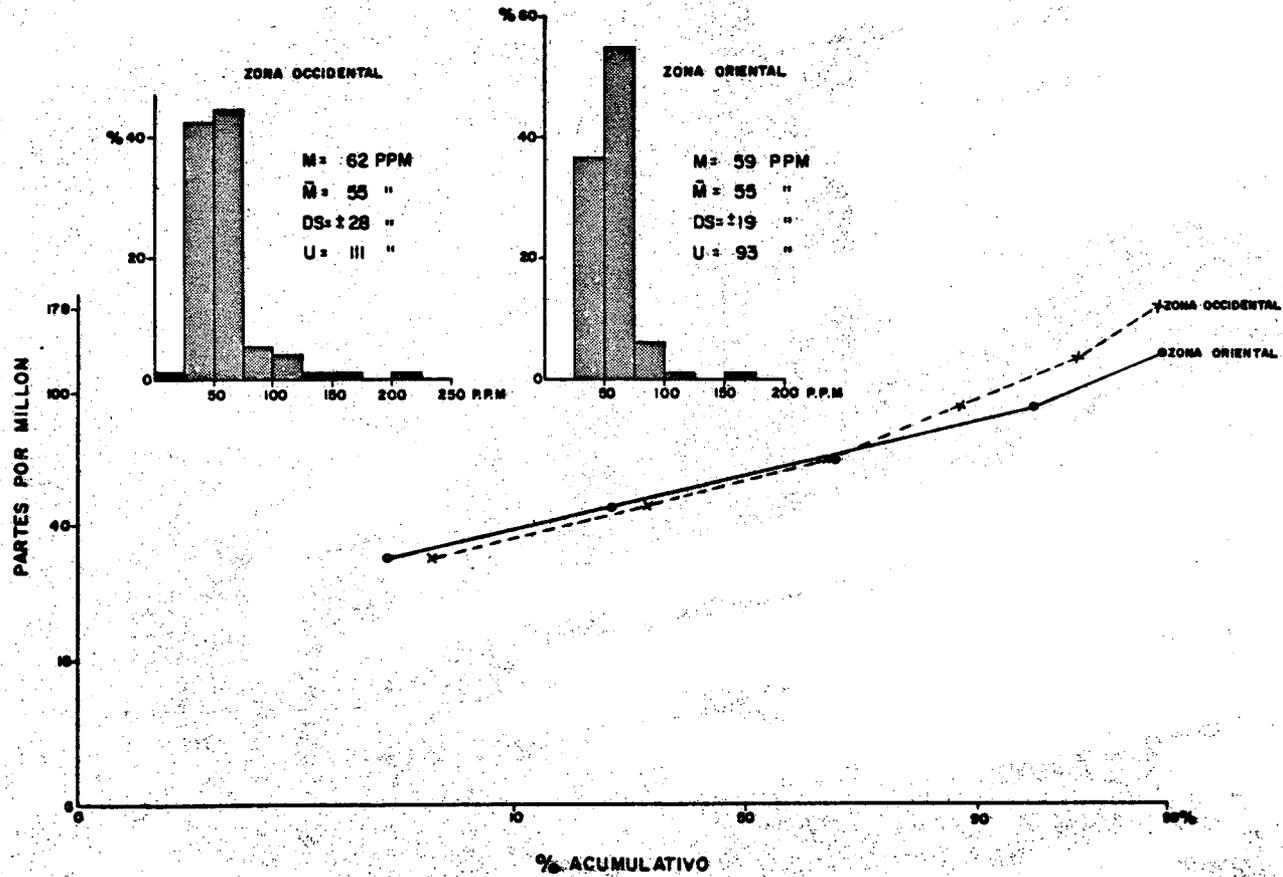
De la comparación de los histogramas se deduce que las mayores frecuencias de valores en ambas zonas, están comprendidas entre 25 y 75 ppm. Hay también algunos valores mayores pero en pequeña cantidad, lo que da a la distribución aspectos lognormal. Aunque los histogramas son muy parecidos, en la zona oriental los valores se concentran entre 50 y 75 ppm., en cambio, en la occidental, el porcentaje de valores comprendidos entre 25 y 50 ppm y entre 50 y 75 ppm es muy similar.

El contenido promedio de Zn en los sedimentos del drenaje de la zona oriental (59 ppm) y en la occidental (62 ppm) son aproximadamente el doble de la cifra dada por De Grys, (1), de 25 ppm para los ríos andinos, e inferiores al de los ríos transandinos de Aisen (78 ppm).

Las muestras con concentraciones de Zn, de mayor interés de la zona occidental, se pueden agrupar en cinco sectores correspondientes a afloramientos de rocas del Basamento Cristalino.

(1) De Grys, A., 1961 Op. Cit.

CINC.
 GRÁFICOS DE DISTRIBUCION - PROVINCIA DE VALDIVIA



- 1.- Mehuín y N de San José de la Mariquina: 3 muestras con valores altos.
- 2.- Inmediaciones de la estación de ferrocarriles de Ciruelos: 1 muestra que presenta también valor alto de Cu.
- 3.- Franja de orientación EW situada inmediatamente al S de la ciudad de Valdivia: 3 muestras con valores altos de Zn.
- 4.- Inmediaciones del Cerro Las Animas: 2 muestras con valores altos de Zn, una de las cuales tiene también concentración alta de Cu.
- 5.- Alrededores de la mina de Catamutún: 1 muestra con valor alto de Zn y Cu.
En la zona occidental las muestras de interés se agrupan en 4 sectores.
- 6.- Al E. de Pocuno: 1 muestra con concentraciones altas de los 3 elementos investigados y que corresponde a afloramientos del Basamento Cristalino.
- 7.- Riberas N y S. del Lago Piñihue: 2 muestras con valores altos de Zn, ambas en la zona de contacto entre la Formación Panguipulli y las rocas graníticas.
- 8.- Confluencia de los ríos Folil y Currinque: la muestra presenta también valor alto de Cu y corresponde a una zona de afloramiento de rocas graníticas.
- 9.- Al N del Lago Puyehue: 2 muestras con valores altos de Zn y Cu.

3.3. Molibdeno

El Mo se analizó solamente en las muestras de la zona oriental de la provincia. Esto se decidió considerando que las mineralizaciones económicas están asociadas a yacimientos de tipo pórfido cupríferos, cuyas posibilidades de existencia en la zona de la Cordillera de la Costa con muy remotas.

Las concentraciones de Mo fluctúan entre 1 y 49 ppm, el Promedio es 8 ppm., la Mediana 6 ppm y el Umbral 20 ppm. Se encontraron 19 valores mayores que la mediana más una desviación standard y 5 mayores que el umbral.

el 24 o/o de las muestras contiene menos de 2 ppm, aparentemente el resto de las concentraciones está distribuída de manera lognormal. La Curva de Distribución para este 2.o grupo es aproximadamente una recta con pequeños quiebres en los puntos correspondientes a 4 y 16 ppm.

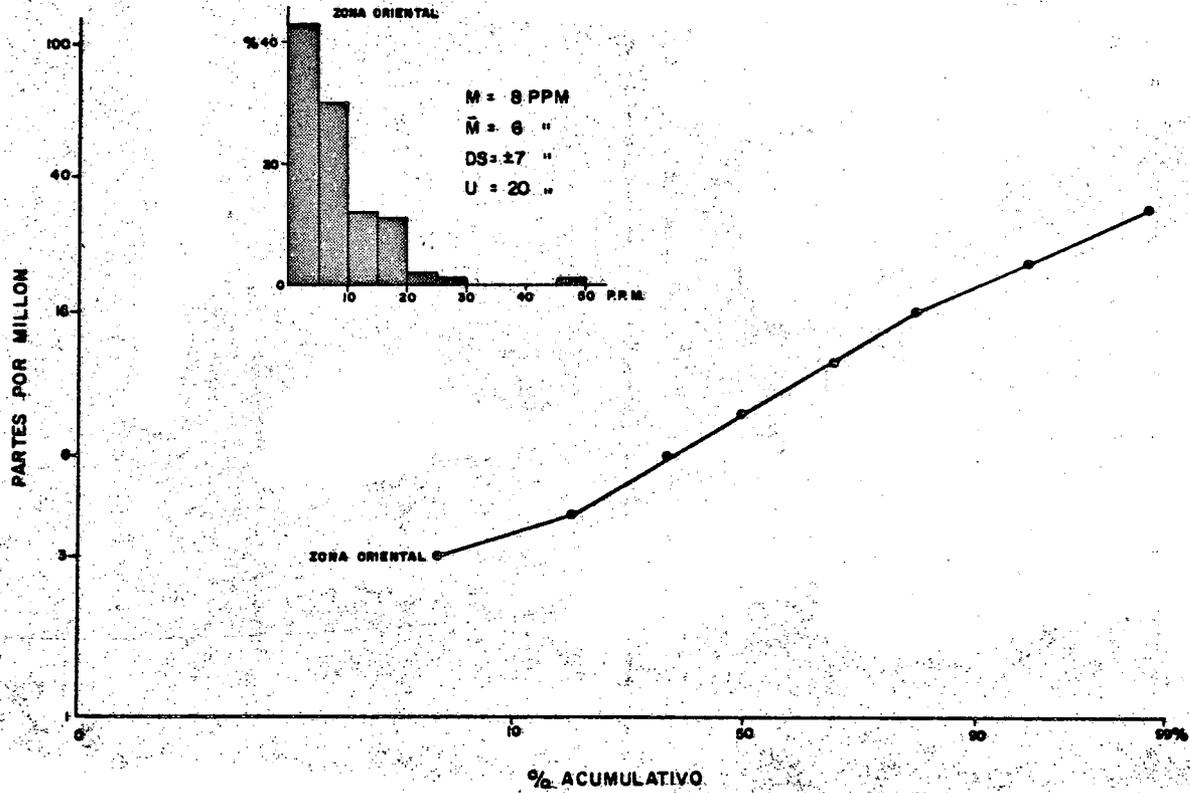
El Histograma de Frecuencia indica que el 73 o/o de las muestras tiene menos de 10 ppm y que sólo un 4 o/o sobrepasan las 20 ppm.

Aunque no se cuenta con cifras de concentración de Mo en sedimentos de ríos chilenos que sean utilizables como criterios de comparación, es improbable que éstas superen las concentraciones de ese elemento en las rocas, dada la alta solubilidad del Mo. En rocas ígneas no mineralizadas el contenido de Mo es del orden de 1 ppm; en relación con esta cifra los valores entregados por el laboratorio parecen muy altos, salvo que se suponga la presencia de rocas con contenidos anómalos de Mo o de importantes mineralizaciones de este elemento, las que son poco probables.

Los valores altos de Mo se pueden agrupar en dos sectores principales.

- 1.- Franja de orientación EW, entre el río Reyehuaico y el pueblo de Pocuno: 13 muestras; algunas de las cuales presentan también valores altos de Cu o de Zn. Los afloramientos corresponden principalmente a rocas graníticas.
- 2.- Ribera S. del Lago Ranco: 2 muestras que presentan valores muy altos de Mo y Cu, corresponden al contacto de rocas graníticas con rocas de la Formación Curarrehue.

MOLIBDENO
 GRAFICOS DE DISTRIBUCION - PROVINCIA DE VALDIVIA



4.- CONCLUSIONES

- 4.1.- El contenido promedio del Cu es aproximadamente igual a la mitad del contenido promedio de los sedimentos de los ríos andinos de la región central sur de Chile y ligeramente inferior al de los ríos de la región trasandina de Aisen.
- 4.2.- El contenido promedio de Zn es aproximadamente el doble del contenido promedio de los sedimentos de los ríos andinos de la región central sur e inferior al de los ríos de la región trasandina de Aisen.
- 4.3.- Las concentraciones de Mo parecen bastante elevadas aunque no hay cifras que puedan servir de comparación.
- 4.4.- Es probable que los contenidos altos de Cu y Zn de la zona del Basamento Cristalino estén relacionados con la mineralización metálica que presenta ese complejo metamórfico (Cu, Sb, Mn, Fe, Cr, Ni.)
- 4.5.- Las concentraciones altas de Mo aparecen principalmente en el margen occidental del Batolito, en las cercanías del contacto con rocas más antiguas (rocas del Basamento y rocas volcánicas del Cretácico Superior).
- 4.6.- Algunos valores altos de Cu y Zn de la zona oriental de la provincia se pueden atribuir a los afloramientos de andesitas basálticas modernas, cuyo contenido normal en estos elementos es relativamente alto.
- 4.7.- Aunque las perspectivas mineras de la provincia parecen limitadas, es conveniente realizar estudios de detalle en algunas áreas que presentaron anomalías geoquímicas importantes o cuyo contexto geológico es favorable (por ejemplo: contacto de apófisis del batolito con rocas más antiguas).
- 4.8.- De acuerdo con el estudio geoquímico y la geología, se han definido 8 áreas de interés para eventuales trabajos de detalle. Estas se indican en el siguiente cuadro resumen.

AREAS DE POSIBLE INTERES MINERO
PROVINCIA DE VALDIVIA

N°	Coordenadas Centrales	Ubicación Geográfica	Litología	Número de Muestras de Interés					
				Cu		Zn		Mo	
				Med.	Alto	Med.	Alto	Med.	Alto
1	39° 36' 71° 54'	Coñaripe - Santa Elena - Cerro Lonquén	Batolito	1		2		2	
2	39° 38' 72° 15'	Los Tallos - Panguipulli - Coz-Coz - Linconcura	Contacto Batolito y Form. Panguipulli	1		2		2	
2a	39° 46' 72° 27'	Ribera S. Lago Riñihue - Fdos. El Carmen de Trufún y las Palmas	" " " "		1	2		3	1
3	39° 45' 72° 35'	Cusileufú - Los Riscos - Cerro Tralcón	Complejo Metamórfico y Form. Tralcón	1	1		1	4	2
4	39° 36' 72° 40'	Quechupulli - Pumillahue - El Tallo	Complejo Metamórfico y Apófisis Graníticas	1	1		1		NA
4a	39° 25' 73° 00'	Mehuín - Lanco	Complejo Metamórfico	4		2	1		NA
4b	39° 36' 73° 14'	Bellavista - Santa María	" "	1	2	1	1		NA
5	39° 51' 73° 18'	Corral - El Chivato - Piedra Blanca	Complejo Metamórfico y Apófisis Graníticas	2		2	1		NA
5a	40° 10' 73° 04'	Huequecura	Complejo Metamórfico	1			1		NA
5b	40° 11' 73° 28'	Las Animas - La Pelada - Llanquicura	" "	1	2	2			NA
6	40° 11' 71° 57'	Cerro de Chihuido	Batolito (Alteración Hidrotermal)	2		1			
7	40° 19' 72° 23'	Iñihue - Riñinahue	Contacto Batolito con Form. Curarrehue	3					2
8	40° 34' 72° 28'	Matacaña - Licón	Serie Efusiva Máfica		2		2		1

NA: No se Analizó

LA MINERIA
DE LA PROVINCIA DE
VALDIVIA

FERNANDA LILLO RAMIREZ (geólogo)

INTRODUCCION

Esta investigación se basó en consultas bibliográficas, en visitas a los principales yacimientos de la provincia, efectuadas entre los meses de enero y febrero de 1970 y en entrevistas con numerosas personas de instituciones públicas y del sector privado, cuyo conocimiento de la minería de esta región ha sido muy valioso. En especial dejamos constancia de nuestros agradecimientos a los Sres. Orlando Alvarez y Federico Peebles, geólogos del Instituto de Investigaciones Geológicas; al Sr. Patricio Castro, Jefe del Depto. de Minería No Metálica de CORFO; al Sr. René Lara, ingeniero de la División de Minería de CORFO; al Sr. Luis Kayser, Jefe del Proyecto ENAMI-NU; al Sr. Mario Serrano, Jefe del Depto. de Geología de ENAMI; al Sr. Juan Williams, Jefe de Estadísticas del Servicio de Minas del Estado; al Sr. Bruno Petersen, propietario de la fábrica de Cerámica de Valdivia; a los Sres. Osvaldo da Forno, Camilo Barahona y Camilo Marks, propietarios del yacimiento Los Joaquines; y a todas aquellas personas que de una manera u otra prestaron su valiosa cooperación para que el presente trabajo fuera realizado.

El estudio contiene algunos datos de carácter general relativos a la geología, mineralogía, metalurgia y empleo de las diversas menas metálicas y no metálicas. Su inclusión se debe principalmente al hecho de que la información ha sido preparada para profesionales de distintas especialidades y especialmente para aquellos que se desempeñan en planificación.

Las cifras de reservas y producción mundial de minerales han sido tomadas de publicaciones especializadas como World Mining, Mineral Year Book y el Boletín Minero de la Sociedad Nacional de Minería.

Las referencias a reservas y producciones chilenas provienen principalmente del Servicio de Minas del Estado, mientras que los datos de importación de minerales han sido obtenidos del Banco Central de Chile (listado IBM) y del Anuario de Comercio Exterior.

1.— GEOLOGIA Y MINERALIZACIONES

1.1. Precámbrico y/o Paleozoico.

Los principales yacimientos metalíferos de la provincia están asociados a las rocas del Basamento Cristalino de probable edad Precámbrica y/o Paleozoico, constituido especialmente por esquistos micáceos, filitas, pizarras, etc. En estas rocas se emplazan cuerpos intrusivos ultrabásicos peridotíticos y anfibolíticos serpentinizados. Según Alvarez O. (1) esos cuerpos macizos constituyen filones y filones mantos de rumbo general N-S, los que en su área de estudio (Provincias de Arauco, Malleco y Cautín) alcanzan potencias de hasta 400 m.

El mismo autor distingue en su zona de estudio 3 unidades del Basamento Cristalino, las que se pueden encontrar también en la provincia de Valdivia.

La unidad Purén está constituida por filitas con intercalaciones de metareniscas, las que representan un metamorfismo regional de bajo grado de sedimentos pelíticos.

La unidad Mahuilque está formada por esquistos, cuarcitas, anfibolitas, etc., las que corresponden a un metamorfismo regional de bajo grado de sedimentos pelíticos y de depositación química. En los esquistos micáceos se pueden observar intercalaciones de cuarcitas, algunas de las cuales son ferruginosas, y se caracterizan por estar formadas por fajas más ricas en mineral de hierro (magnetita y/o hematita). A esta unidad están asociados los yacimientos de hierro sedimentario-metamórficos, ampliamente distribuidos en la Cordillera de Nahuelbuta, al N del río Imperial, y cuyo principal representante es el de Mahuilque (Relún), ubicado en la provincia de Arauco. Estos yacimientos corresponden al tipo Lago Superior y se habrían originado por la depositación de sedimentos ricos en fierro en ambientes marino epicontinentales. Estos sedimentos habrían sufrido una concentración posterior por efecto de una solubilización selectiva cuyo mecanismo no se conoce con certeza.

La unidad Tirúa está compuesta por esquistos de color verde que podrían corresponder originalmente a lavas espilíticas, por esquistos negros y por cuarcitas muy puras. Diversas características de esta unidad permiten suponer que originalmente se formó en el período inicial de desarrollo de un geosinclinal y en su zona eugeosinclinal. Asociados a la unidad Tirúa, se emplazan filones y filones mantos ultrabásicos que en general corresponden a peridotitas serpentinizadas, las que tienen un rumbo general N y alcanzan potencias hasta de 400 m. con longitudes hasta de 10 km. También se encuentran asociadas a esta unidad, mineralizaciones de cobre como es el caso de la "Mina Vieja" de Tirúa, ubicada a 5 km. al S. de la caleta Tirúa (Prov. de Cautín). Aquí se observan pequeños cuerpos lenticulares de pirita, calcopirita, blenda y covelina, concordantes con la esquistosidad y generalmente orientados en dirección N 50° E, con una inclinación de 35° al Sur. Alcanzan una potencia media de 50 cm., unos 20 m. de longitud y se distribuyen a lo largo de unos 150 m. La ley de cobre llega hasta 8 o/o. Esta situación se observa también en Puralaco al NE de Queule y es posible que también se continúen en la provincia de Valdivia.

(1) Alvarez, O. (1970). Estudio Geológico de los yacimientos de hierro de la Cordillera de Nahuelbuta. Provincia de Arauco, Malleco y Cautín. Stgo. U. de Chile. Depto. Geología, Memoria de Prueba.

Es probable que estos yacimientos sean singenéticos con la formación de las eventuales lavas espilíticas, actualmente representadas por los esquistos de color verde, lo que es común en otros yacimientos similares de Canadá y Escandinavia (1).

Además, en la misma zona, asociadas a filones de serpentinita se encuentran **mineralizaciones de cromita**, algo de **magnetita y pentlandita** en forma finamente diseminada y en cuerpos podiformes orientados, cuyo eje mayor varía entre 0.3 y 1.2 m. de longitud. En muestras de serpentinita que contienen **cromita** diseminada se han obtenido leyes que varían entre 1 y 5 o/o de Cr_2O_3 ; mientras que en los cuerpos podiformes las leyes de **cromita** alcanzan hasta 30 o/o y las leyes de **níquel** hasta 1.1 o/o, en forma de **pentlandita**. El origen de esta mineralización está relacionada con procesos de segregación magmática en las rocas ultrabásicas.

En las zonas marginales de los filones serpentiniticos se observan pequeñas **guías de asbesto**, lo que se presenta también en la provincia de Valdivia (Cerro Bonifacio). Los procesos de alteración hidrotermal que han afectado a estas rocas serpentiniticas han dado origen a cuerpos masivos y lenticulares de **talco**, hecho que también se observa en la provincia de Valdivia (en San Carlos, a 5 km. de Corral, donde existe un yacimiento en explotación).

La prospección aeromagmática efectuada a solicitud de la Cía. de Acero del Pacífico y el Instituto de Investigaciones Geológicas en la Cordillera de la Costa, entre el río Imperial y el extremo sur de la isla de Chiloé, tuvo por objeto encontrar nuevos yacimientos de hierro del tipo Mahuilque. Mediante este estudio se detectaron numerosas anomalías, muchas de las cuales se encuentran en la región de Valdivia y fueron objeto de un estudio preliminar. Aunque esto no ha significado el hallazgo de yacimientos del tipo Lago Superior, se han encontrado evidencias que permiten suponer una continuación de la formación ferrífera de Mahuilque y se ha determinado la presencia de extensos cuerpos intrusivos ultrabásicos que pueden significar la ubicación de **eventuales yacimientos de cromo, níquel y platino**, de los cuales se conocen algunas manifestaciones en la Cordillera de Nahuelbuta y en la isla de Chiloé (Alvarez, O. inf. verbal), puesto que dichos metales están asociados a este tipo de rocas, de alto contenido en magnesio y hierro. Además, cabe destacar la presencia de **mineralizaciones de manganeso**, en la unidad mahuilque, probablemente asociadas a intercalaciones volcánicas en el Basamento Cristalino (Alvarez, O. inf. verbal) o bien, a la sedimentación clásica que, por metamorfismo, dio origen a los esquistos mecáceos y a las cuarcitas (2).

Es posible que los procesos metamórficos que afectaron a las rocas del Basamento Cristalino, así como las intrusiones graníticas posteriores hayan determinado la migración y concentración del **cobre** y del **antimonio** que aparecen mineralizando estas rocas, así como el emplazamiento en ellas de los **filones de cuarzo aurífero**.

Estos mismos procesos de alteración hidrotermal han dado lugar a la formación de **depósitos de caolín** de alto valor para la fabricación de refractarios, los cuales generalmente, están asociados a la presencia de pequeños afloramientos o apófisis del Batolito Cretácico en la Cordillera de la Costa. Este es el caso de los depósitos de **caolín**

(1) Alvarez, O., 1970. Op. cit.

(2) Ruiz, C. (1965). Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Stgo. IIG.

de Punucapa, situado en la ribera occidental del estero Cutipay y 1 km. aguas arriba de su desembocadura en el río Valdivia; el depósito de Qui taluto cerca del puerto de Corral y el de Niebla, en el balneario del mismo nombre.

Aunque el Basamento Cristalino está intruído por rocas graníticas paleozoicas y del Cretácico Superior, en la provincia de Valdivia sólo se ha determinado la presencia de estas últimas.

1.2. Paleozoico.

Sobre las rocas del Basamento Cristalino se habrían depositado sedimentos marinos durante parte del Paleozoico, los que por efecto del ciclo orogénico del Paleozoico Superior, se habrían plegado y metamorfoseado dando origen a la Formación Panguipulli (1).

Los afloramientos de esta formación se ubican en la Precordillera Andina de la provincia de Valdivia, al sur del Lago Pullinque; rodeando el extremo NW del Lago Panguipulli y al sur del Lago Riñihue, lugar donde alcanzan su máximo desarrollo areal. Si bien estos autores le asignaron a la Formación Panguipulli una edad Paleozoico, posteriormente Alvarez, O. (inf. verbal), planteó la posibilidad de que esta serie corresponda a la Unidad Purén del Basamento Cristalino.

1.3. Mesozoico.

Contemporáneamente o con posterioridad al plegamiento del Paleozoico Superior, se habría producido un solevantamiento que determinó condiciones continentales en la región y durante el Triásico (posiblemente el Triásico Superior), se habría producido una fuerte denudación que originó el material clástico que constituye lo que Aguirre y Levi (1) definieron como Formación Tralcán.

Dicha formación, que aflora en el Cerro Tralcán, al W del Lago Riñihue, está compuesta por una secuencia de rocas sedimentarias continentales con abundante flora fósil.

La ausencia del sistema Jurásico, como también, probablemente del Cretácico Superior en esta región indujeron a Aguirre y Levi (1) suponer que estos sistemas fueron depositados y erodados o que, en los correspondientes períodos, la región constituyó un área elevada en la cual no hubo despositación.

En el Cretácico Superior se produjo una intensa actividad volcánica intermitente que originó la depositación de los materiales volcánicos y sedimentarios que constituyen la formación Curarrehue. Posteriormente se produjo el plegamiento de estos estratos y la intrusión de las rocas graníticas.

La Formación Curarrehue en la provincia de Valdivia, se extiende de norte a sur desde el río Caunahue hasta la ribera SE del lago Ranco, y aparece como roof-pendant en las rocas graníticas que la intruyen y, en partes, está cubierta por rocas volcánicas más modernas.

(1) Aguirre, L. y Levi, B. (1964). Geología de la Cordillera de los Andes de las Provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue. Stgo. IIG.

Aunque tampoco se conocen yacimientos minerales en las rocas del mesozoico es probable que se encuentren algunas mineralizaciones, de tipo epigenético hidrotermal en contactos de la Formación Curarrehue con las rocas graníticas del Cretácico Superior

1.4. Cenozoico.

A principios del Terciario se habría producido la depositación de sedimentos continentales, representados en la provincia de Valdivia por las formaciones Capas de San Pedro y Estratos de Pupunahue. En el Terciario Superior se produjeron intrusiones del mar que originaron los depósitos marinos denominados Formación Chol-Chol.

Las Capas de San Pedro (Eoceno) fueron definidas por Bruggen (1) ; están compuestas por conglomerados areniscas de grano fino y lutitas gris oscuras a negras que contienen abundante flora fósil y afloran en la región de Pocuno.

Los Estratos de Pupunahue (Oligoceno) están constituídos por conglomerados, areniscas arcillosas y mantos de carbón con potencias hasta de 7 m. Estos últimos han sido explotados intensamente en la antigua mina carbonífera Los Copihues de Pupunahue, cerca del pueblo de Antihue. Estos mismos estratos afloran en los pueblos de San José de la Mariquina y Máfil, donde constituyen pequeñas reservas de carbón.

La Formación Chol-Chol fue descrita por García, F. (2) y en su mayor parte está integrada por lutitas y limolitas grises claras y grises azulinas; limolitas y areniscas amarillentas, en parte verdosas y en parte blanquecinas, junto a escasos horizontes de limolitas micáceas y areniscas gris claras pumicíticas. Cabe destacar que en la provincia de Valdivia, constituyen la mejor representación del Terciario Marino y Continental. En la zona de Catamutún esta litología se alterna con areniscas arcillosas y lutitas marinas micáceas y con mantos de carbón que son los que se explotan en la mina carbonífera de San Pedro de Catamutún. Además, en la provincia de Cautín, esta misma formación contiene bancos de calizas detríticas y orgánicas con leyes de hasta 92 o/o de CaCO_3 .

La relación entre la formación Chol-Chol y los Estratos de Catamutún no se conoce con certeza.

Hacia fines del Terciario habría comenzado la actividad volcánica, que se extiende hasta el presente, y que dio origen a la Serie Efusiva Máfica (Terciario Superior). Esta serie fue descrita por Aguirre y Levi (3); está constituida por un conjunto de lavas y piroclásticos, andesíticos y/o basálticos y lahares; sobreyace discordantemente a las rocas graníticas y a las formaciones mesozoicas y paleozoicas. En la provincia de Valdivia está bien representada al N del Lago Panguipulli, al SE del Lago Riñihue y al W del volcán Puyehue, en una línea NS que coincide más o menos con el meridiano 72°W. A esta formación pertenecen también las Vulcanitas de Valle consistentes, en su mayoría, en basaltos.

(1) Bruggen, J., (1950). Fundamentos de la geología de Chile. Stgo. Instituto Geográfico Militar.

(2) García, F., (1968). Estratigrafía del Terciario de Chile, Zona Central. Stgo., Ed. Andrés Bello. Soc. Geológica de Chile.

(3) Aguirre, L. y Levi, B. 1964 Op. cit.

El Cuaternario se caracterizó por una intensa actividad volcánica y por varios períodos de glaciación los cuales por una parte han dejado al descubierto formaciones más antiguas y por otra han dado lugar a extensos depósitos de sedimentos que rellenan la depresión central.

La acción volcánica, a través de la emisión de lavas principalmente andesitas y basaltos de augita y olivina, han construido en la provincia, numerosas estructuras volcánicas modernas como son los volcanes, Villarrica (2.840 m), Mocho (2.430 m), Quetrupillán (2.360 m), Choshuenco (2.360 m), Puyehue (2.240 m), etc. Producto de este volcanismo ha sido la formación de concentraciones de **azufre**, como las existentes en el centro volcánico del Puyehue, especialmente en el faldeo norte del volcán Puyehue o Cauye y los del cráter El Azufra, que pueden llegar a constituir un yacimiento.

Por otra parte, el volcanismo en esta región ha jugado un papel preponderante en la formación de suelos, puesto que la mayoría de ellos corresponden a los llamados **trumaos**, originados a partir de **cenizas volcánicas** depositadas por el viento.

En esta zona, los procesos glaciales tuvieron gran desarrollo, como lo muestra la existencia de enormes cantidades de depósitos glaciales, glaciofluviales y glaciolacustres que rellenan la depresión central. Un rasgo característico de esta acción es la presencia de numerosas artesas glaciales y arcos morrénicos que han dado origen a los principales lagos. Son muy abundantes también, los sedimentos de origen fluvial, laháricos y de corrientes de barro, así como las arenas volcánicas finas redepositadas como sedimentos fluviales y lacustres que, localmente, reciben el nombre de "**cancagua**" y se emplean para la fabricación de objetos artesanales.

Los **sedimentos fluviales y fluvioglaciales**, dada su homogeneidad y amplia distribución en la provincia constituyen una excelente fuente de **material para la construcción** y vialidad. Además, los efectos de la acción fluvial han desempeñado un papel sumamente importante en la formación de **placeres auríferos** al producir la disgregación de los filones de cuarzo aurífero que se encuentran en las rocas del Basamento Cristalino y contribuir a la concentración de ese metal.

Los **lavaderos de oro**, ampliamente distribuidos en esta región, han sido intensamente explotados desde tiempos prehispánicos. El último período de gran actividad correspondió a los años treinta, después de la gran crisis económica mundial 1929-1931, de modo que en la actualidad están paralizados y sólo quedan leyes muy bajas, que no permiten su explotación económica.

Finalmente, en la región de las Vegas de Futanome, a unos 7 km. del pueblo de Panguipulli, existe un depósito de **diatomita** formado probablemente por la proliferación de estos microorganismos (diatomeas) en una laguna postglacial. La sílice necesaria para la constitución de los esqueletos de estos organismos, habría sido aportada al agua por el activo volcanismo producido en esa época.

2.- YACIMIENTOS MINERALES

2.1. Metálicos

2.1.1 Antimonio

Mineralogía y Metalurgia

La estibnita y los minerales de plomo son los que dan la mayor parte del metal comercial. El resto lo constituyen el antimonio nativo y los productos de oxidación como la cervantita. La ley de las menas exportables es del 3 al 8 o/o.

Los minerales se seleccionan a mano o se concentran, y el producto se enriquece por licuefacción (fundido), obteniéndose antimonio crudo. Los minerales de bajo grado se tuestan para pasar a óxido y el antimonio metálico se obtiene fundiendo el óxido o los sulfuros crudos o de alto grado, en un horno con hierro: aquellos se unen al oxígeno y al azufre, liberando el antimonio.

Usos

El antimonio se dilata al enfriarse, en vez de contraerse, propiedad que lo hace adecuado para la fabricación de aleaciones metálicas que al ser fundidas no alteran su tamaño. El antimonio, agregado al plomo le comunica rigidez; el "plomo duro" (1 a 25 o/o de Sb) así obtenido, tiene variadas aplicaciones: placas de batería, tubos, soldaduras, etc.

Otras aleaciones del antimonio se conocen con el nombre de "metal blanco" y contienen plomo, cobre, estaño, cinc o hierro, en distintas proporciones.

Entre los principales usos bélicos del antimonio está la fabricación de aleaciones para proyectiles. El antimonio metálico, tiene, sin embargo, muy pocos usos. En cambio, sus compuestos químicos tienen variadas aplicaciones: refractarios, esmaltes, medicamentos, etc.

Geología

La mayor parte de los yacimientos de antimonio se han depositado en soluciones hidrotermales de baja temperatura y a poca profundidad. El mineral puede presentarse ya sea en rellenos de fracturas y poros de las rocas o reemplazando la roca encajadora. Aunque se conocen varios minerales de antimonio el único importante es el sulfuro (antimonita o estibnita). También se obtiene una cantidad significativa de antimonio como subproducto de la explotación de minerales de plomo.

Los principales yacimientos se encuentran en China. En América del Sur son importantes los de Bolivia. En Chile los yacimientos de antimonio son escasos y de pequeño tamaño y no han dado origen a explotaciones comerciales. Sin embargo su distribución geográfica es relativamente amplia y se conocen mineralizaciones entre el Depto. de Arica y la provincia de Magallanes (Paine).

Aspectos Económicos.

Los principales países productores de antimonio (datos de 1968) son: Rep. Socialista de China (sin información), Méjico (4.800.000 TM de mena), Yugoslavia (108.844 TM de mena) y Sud-Africa (27.367 TM de concentrado).

Chile no es productor de antimonio y sus necesidades de importación han aumentado progresivamente. En 1965 se importaron 69,6 TM con un costo de US\$ 80.821 y en 1969 se importaron 140,4 TM con un costo de US\$ 127.958 (98 ton. brutas de antimonio en bruto, por un valor de US\$ 86.956 y 42.4 ton. brutas de antimonio manufacturado por un valor de US\$ 41.002). Este antimonio tiene su procedencia principalmente de Alemania occidental, EE.UU. e Inglaterra.

Es probable que el crecimiento de la industria metalúrgica y automotriz signifique un aumento creciente de las necesidades de antimonio en los próximos años, por la importancia de este elemento en numerosas aleaciones.

El precio del antimonio en la Bolsa de Metales de Londres es de US\$ 0.28 la libra en lingote de 99,5 % de pureza (Nov. 1970).

Geología de los Yacimientos de Valdivia.

En la provincia de Valdivia sólo se conoce un yacimiento, el de Los Joaquines, ubicado a 200 m.s.n.m. en la ribera sur del río Futa y al E del estero Las Minas, en la comuna de Corral. El yacimiento pertenece a la Cía. Minera Los Joaquines, que ha constituido 100 pertenencias, con un total de 500 Hás.

El mineral se presenta en lentes aislados con cristales de estibnita y cuarzo, en micaesquistos grises de rumbo E y buzamiento entre 15° al S y la horizontal. Los cuerpos son de tamaño inferior a 50 cm. y se orientan paralelamente a la esquistosidad. Aparentemente la estibnita fue depositada como relleno de cavidades en el esquisto y se presenta en forma de cristales hasta de 3 cm. de largo. Los minerales hipógenos son cuarzo, estibnita, esfalerita y piritita. La mena de sulfuro aparece a pocos metros de la superficie y son escasos los minerales oxidados. (1)

Perspectivas de Desarrollo.

Aunque por las características del yacimiento "Los Joaquines" (mineralizaciones lenticulares y discontinuas en rocas metamórficas), es probable que su explotación presente dificultades; es indudable la conveniencia de efectuar un estudio detallado del mismo, considerando las necesidades crecientes de antimonio del país. Esta exploración deberá extenderse a otras áreas de la región que presenten características similares.

El estudio de detalle debe incluir, aparte de la geología, un muestreo geoquímico de suelos y rocas y debería ser seguido de labores de reconocimiento y sondajes en la medida que los resultados lo justifiquen.

(1) Ericksen, G. (1961). Ore Deposits of the Cordillera de la Costa of Valdivia-Victoria. Inf. inéd.

Si se considera que este depósito está asociado a rocas del Basamento Cristalino, las que tienen una amplia distribución en esta región del país, es probable la existencia de otros yacimientos de antimonio que justifiquen la instalación de plantas para el tratamiento de sus minerales. En este sentido son de gran importancia los estudios que realiza el IIG en la Cordillera de la Costa del S de Chile (entre el río Imperial y la Isla de Chiloé) y las prospecciones detalladas que proyecta efectuar la División de Minería de CORFO, en áreas seleccionadas de la misma región.

2.1.2 Cobre

Mineralogía y Metalurgia

Los minerales de cobre de importancia económica consisten en sulfuros (34,5 a 57,0 o/o de Cu) y minerales oxidados (59.4 a 88.8 o/o de Cu). La mayoría de los minerales de cobre están asociados a oro, plata, molibdeno, cinc y plomo.

El contenido de cobre y el tipo de mineral, determinan generalmente el método de tratamiento. Los minerales de fundición se funden con minerales silíceos, fundente y coque y la mata se refina en un convertidor formando cobre blister. Este último se puede vender como "blister" o refinado a fuego, pero generalmente se refina electrolíticamente para purificarlo y recuperar los metales preciosos.

Los sulfuros de bajo grado son sometidos a flotación y sus concentrados se funden. La flotación permite separar la pirita y los minerales de cinc y plomo. La ley de los concentrados es entre 10 y 40 o/o. Los minerales oxidados se funden directamente o se someten a lixiviación con ácido sulfúrico diluido, para los minerales de carbonato que no estén junto a una ganga reactiva. Para lixiviar los sulfatos y cloruros se emplea agua y el cobre se precipita desde el líquido por electrólisis o con chatarra.

Usos.

Es uno de los metales más esenciales de la industria moderna y su empleo está relacionado, tanto con el desarrollo económico (electrificación) como con los períodos de guerra. La mayor parte de los alambres y equipo eléctrico se hacen de cobre puro, pero una parte considerable del metal se emplea en aleaciones; principalmente en forma de latón y bronce.

Las sales de cobre, especialmente sulfatos, tienen un importante uso agrícola (desinfectante).

Geología.

Los yacimientos de cobre son de origen magmático y se habrían formado bajo un rango amplio de temperaturas y profundidades. Los procesos de oxidación favorecen la removilización y concentración del cobre y han dado origen tanto a zonas de

enriquecimiento secundario de mucha importancia, como a yacimientos secundarios de cobre, es decir, formados por la precipitación de soluciones provenientes de la oxidación de un yacimiento primario (Ej. el mineral de La Exótica, provendría, al menos en parte, de Chuquicamata).

De acuerdo con las condiciones de formación, los depósitos de cobre se clasifican en:

- 1.— Magmáticos: Depósitos de Cu-Ni, atribuidos a la segregación de sulfuros de Cu-Ni de magmas básicos.
- 2.— Metasomáticos de contacto: Depósitos de cobre formados a grandes temperaturas y profundidades.
- 3.— Hidrotermales: A. relleno de cavidades. B. reemplazo (incluyendo los pórfidos cupríferos).
- 4.— Sedimentarios: Cuyo origen es controvertido.
- 5.— Oxidación superficial o enriquecimiento supergénico.

Los principales yacimientos de cobre del mundo están en los EE.UU., Chile, Zambia, Canadá, Congo Belga y Rusia. En los últimos años se han encontrado importantes yacimientos en el Asia Sudoriental (Filipinas, Nva. Guinea, etc.).

Los yacimientos chilenos tienen una amplia repartición geográfica, aunque no se conocen depósitos importantes al sur de la provincia de O'Higgins. En su mayoría son de tipo Hidrotermal (3). Aunque los más numerosos de estos corresponden a los de relleno de cavidades (3A), ya sea de fracturas en rocas de diverso tipo de vesículas y disseminación en rocas volcánicas. Los más importantes en volumen son los yacimientos de reemplazo (3B), en que están comprendidos los pórfidos cupríferos, por ejemplo Chuquicamata, El Salvador, Río Blanco y otros.

Posibles Yacimientos de Cobre en Valdivia.

Aunque en Valdivia no se conocen yacimientos de Cu, existen posibilidades de mineralización, tanto en las rocas del Basamento Cristalino, como en los contactos del Batolito Cretácico y/o Terciario con rocas más antiguas. Respecto a la primera posibilidad cabe mencionar el hecho de que en la provincia de Cautín se conocen mineralizaciones de Cu en forma de bolsones, asociadas a la unidad Tirúa del Basamento Cristalino, la cual tiene una importante extensión en la provincia de Valdivia. Sin embargo los yacimientos de sulfuros de Cu y de otros metales que se conocen en rocas del Basamento Cristalino, son generalmente lenticulares y de poca extensión, lo que hace difícil su explotación.

Respecto a los yacimientos asociados a intrusiones graníticas, cabe señalar que es indispensable efectuar estudios tendientes a la ubicación de intrusivos de edad Terciaria, a los cuales se asocian los yacimientos de cobre tipo "porphyry coppers". En cuanto a los posibles depósitos de tipo veta, es conveniente reconocer las zonas de contacto entre los granitos Cretácico y las rocas más antiguas.

El estudio geoquímico regional efectuado por IREN permitió establecer 8 áreas en las cuales sería conveniente realizar prospecciones detalladas de cobre.

Aspectos económicos y perspectivas de desarrollo.

Si se considera la producción chilena de cobre (en 1969 fue de 699.071 ton. de fino y se exportaron 710.727 ton. brutas lo que significó ingresos por US\$ 834.696.905), así como las enormes reservas establecidas en el país (del orden de las 53.797.000 TM de Cu contenido), se concluye que los posibles yacimientos de Valdivia sólo tendrían una importancia local.

Desde el punto de vista geológico es improbable la existencia de yacimientos de tipo "porphyry copper" (minerales diseminados de gran tonelaje) en esta región. No es seguro que los posibles yacimientos de menor tamaño resulten económicamente explotables, ya que su distancia a los centros de tratamiento minero del país obligaría a instalar plantas de concentración de minerales, cuya factibilidad requiere contar con suficientes reservas locales.

Esto se debe a que no es económico el transporte de minerales de Cu a larga distancia, lo que obliga a efectuar una concentración previa de éstos.

Sin embargo, es necesario efectuar estudios geológicos y prospecciones que permitan establecer con cierto margen de probabilidad la presencia o la ausencia de yacimientos de importancia en la región. Con este objeto el IIG y la División de Minería de CORFO tienen proyectos de reconocimiento y el IREN ha elaborado un mapa metalométrico regional que indica las posibles anomalías de Cu en la provincia de Valdivia. Este mapa incluye además, las posibles anomalías de Cinc y Molibdeno, de la misma región.

2.1.3. Cromo y Níquel

Mineralogía y Metalurgia.

La única mena de cromo es la cromita que teóricamente contiene 68 o/o de Cr_2O_3 y 32 o/o de FeO. Sin embargo puede producirse reemplazo de cromo por aluminio, fierro, magnesio, calcio y sílice, de tal modo que se rebaje el contenido hasta un 40 o/o de Cr_2O_3 .

Los minerales comerciales deben contener un 45 o/o de Cr_2O_3 y la relación cromo/hierro debe ser superior al 2,5/1 para el cromo metalúrgico.

El cromo se vende en forma de cromita en terrones, seleccionada a mano o bien concentrada primariamente. Esto último se hace fundiendo el mineral de cromo en un horno eléctrico, con fundentes y carbón, de modo que se obtiene el ferrocromo, en cuya forma se vende la mayor parte del mineral.

La mena principal de níquel es la pentlandita (FeNi_3S_8) que está siempre asociada con pirrotina y calcopirita. Los silicatos de níquel hidratados (menas de Nva. Caledonia) contienen de 1 a 4 o/o de níquel. Los sulfuros contienen como promedio 1,5 o/o de Ni y 2 o/o de cobre.

Las menas de sulfuro de níquel-cobre son primeramente tostadas para liberar el azufre y luego fundidas para formar 1 masa de Ni-Cu-Fe, que se bessemeriza para formar una mata de 75 a 80 o/o de Cu-Ni. Se emplea la mata para obtener metal Monel

y el resto se funde, especialmente para separar los sulfuros de cobre y níquel; estos últimos son tostados, reducidos con carbón y refinados electrolíticamente para la obtención del níquel puro.

Usos

En metalurgia, el cromo se usa en un 50 o/o para confeccionar una gran variedad de aleaciones; principalmente con hierro, níquel y cobalto. Un 35 o/o se destina a fabricación de refractarios y un 15 o/o a fabricación de productos químicos.

El níquel es principalmente un metal de aleación y se usa en los aceros al níquel y en los hierros fundidos con níquel. Este metal da a las aleaciones dureza, tenacidad y ligereza, así como cualidades anticorrosivas, eléctricas y térmicas.

Geología.

Cromo.

Los yacimientos de cromo consisten en segregaciones magmáticas de cromita en rocas ígneas ultrabásicas. El mineral, la cromita, se presenta en la roca en forma de lentes y diseminada. En algunos yacimientos la ley se ha enriquecido por concentración residual.

Los principales yacimientos mundiales son los de Rhodesia, África del Sur, Rusia y Turquía.

Níquel.

Existen dos tipos de yacimientos de níquel: las concentraciones residuales de silicatos de níquel, procedentes de la meteorización de rocas ultrabásicas y los depósitos de Ni-Cu, formados por reemplazo o inyección magmática.

Los primeros se forman a partir de las rocas cuyo contenido primario de níquel es relativamente alto, las que sufren una meteorización que lixivia otros componentes y eleva, por lo tanto, el porcentaje del metal hasta una concentración explotable (1 a 4 o/o de Ni). A este grupo pertenecen los depósitos de Nva. Caledonia y de Cuba.

Los yacimientos de sulfuros de Ni-Cu son muy importantes en la producción mundial. El de Sudbury, Canadá, produce anualmente sobre 100.000 ton. de Ni y una cifra similar de cobre, además de 200.000 onzas de platino, 50.000 onzas de oro, 1,5 millones de onzas de plata, 150.000 libras de selenio y 10.000 de telurio. Sus reservas son superiores a los 200 millones de toneladas de mena.

Estos yacimientos están asociados a rocas básicas y ultrabásicas y se habrían producido posteriormente a la solidificación de la roca, por el efecto de acciones hidrotermales.

Geología de los Yacimientos de la Cordillera de Nahuelbuta.

En Chile no se conocen yacimientos de Cr y Ni, sin embargo, los estudios realizados por la CAP y el IIG en la cordillera de Nahuelbuta, con el objeto de prospeccionar yacimientos de fierro, permitieron programar y ejecutar levantamientos aeromagnéticos entre el río Imperial y el extremo S de la isla de Chiloé. El estudio preliminar de las zonas anómalas permitió determinar la presencia de extensos cuerpos intrusivos ultrabásicos que podrían incluir eventuales yacimientos de Cromo, Níquel y Platino, metales de los que se conocen algunas manifestaciones en la cordillera de Nahuelbuta y en la isla de Chiloé (Orlando Alvarez, inf. verbal). En efecto, mediante el estudio aeromagnético, antes mencionado y el reconocimiento en terreno, se logró detectar un depósito de cromo en la localidad de Lavaderos (Prov. de Cautín), en el cual se encontraron leyes de hasta 26,49 o/o de cromo y de hasta 1,11 o/o de níquel. El depósito está constituido por lentes subparalelos de tamaños variables, predominando aquellos cuyos ejes miden alrededor de 70 y 40 cms., y están incluidos en un filón serpentínico de 30 m. de potencia y 200 m. de longitud.

Tanto el origen del níquel como el del cromo se relaciona con la presencia de rocas ultrabásicas, lo que da la posibilidad de encontrar mayores concentraciones en otros cuerpos ultrabásicos, para lo cual se hace indispensable conocer bien las características del yacimiento ya ubicado (Lavaderos) (1).

Aspectos Económicos y Perspectivas de Desarrollo.

Cromo.

La producción mundial oscila entre 1 y 2 millones de toneladas anuales y procede principalmente de Rusia, Rhodesia del Sur, Turquía, Africa del Sur, Cuba, Filipinas, India, Grecia, Japón y Nva. Caledonia.

En Chile, pese a que las importaciones de cromo han tenido un aumento importante en los últimos años, su magnitud y costo en divisas es de muy poca importancia. En 1969 estas cifras llegaron a 525 toneladas de cromita con un valor de US\$ 28.753. Esto indica que no se justifica la búsqueda de yacimientos para abastecer solamente el mercado interno. Por otra parte, las perspectivas geológicas de encontrar yacimientos de importancia de este mineral con fines de exportación son poco favorables.

Casi la totalidad de las importaciones de cromo del país corresponden a cromita, cuyo precio en el mercado de Nva. York fluctúa entre US\$ 40 y 48 la tonelada larga de 48 o/o de Cr₂O₃ (Nov. 1970).

Níquel.

La producción mundial de este metal es de aproximadamente 430.000 toneladas

(1) Vergara, L. (1970). Prospección de yacimientos de cromo y de hierro en la Cabaña—Cautín. Stgo. U. de Chile, Depto. Geología, Memoria de Prueba.

anuales de las cuales un 55 o/o procede de Canadá y el resto de Nva. Caledonia, Sudáfrica, etc.

Las importaciones de Ni en Chile, contrariamente a las de cromo, se hacen principalmente en forma de productos manufacturados y su volumen se ha mantenido más o menos constante en los últimos años. En 1969 se importó un total de 122 toneladas brutas por un valor de US\$ 437.527.

Aunque el costo de las importaciones de Ni es muy superior al de Cr. lo que hace aparecer más importante contar con yacimientos de este metal para abastecer el mercado interno, cabe señalar que la metalurgia del níquel es compleja y que no se justificaría instalar plantas de tratamiento para abastecer el país. En cuanto a las posibilidades de exportación de mineral, estas son sin duda atractivas, dado el alto precio del metal en el mercado internacional (US\$ 1.28 la libra en el mercado de Nva. York) y al rápido incremento del consumo mundial (12 o/o en 1970), por lo cual son importantes las prospecciones que actualmente realiza el Instituto de Investigaciones Geológicas en esta región.

2.1.4. Hierro.

Mineralogía y Metalurgia.

Los minerales de hierro de importancia económica son:

Magnetita (Fe_3O_4)	72,4 o/o de Fe
Fe Oligisto (Fe_2O_3)	70 o/o de Fe
Limonita ($\text{Fe}_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$)	59-63 o/o de Fe
Siderita (FeCO_3)	48,2 o/o de Fe

Las impurezas comunes en los minerales de hierro son sílice, carbonato de calcio, fósforo, manganeso, azufre, alúmina, agua y titanio.

La metalurgia se reduce a 2 operaciones fundamentales. La producción de hierro de lingote y el tratamiento del hierro de lingote para hacer hierro colado, de forja o acero.

El mineral se funde con coque y caliza. El aire inyectado en el fondo del horno, convierte el coque en monóxido de carbono, el cual quita el oxígeno del mineral de hierro, reduciéndolo a metal. La caliza forma la escoria de la sílice, alúmina y otras impurezas. Los diferentes tipos de hierro de lingote son: de horno abierto básico, de fundición, bessemer y de bajo contenido en fósforo, maleable y de forja.

Usos.

El hierro constituye el metal base de la civilización industrial moderna. La enumeración de los diversos usos del hierro equivaldría a compilar una historia de las creaciones de la civilización e industria moderna.

La principal utilización del hierro es en forma de acero.

Geología

Los yacimientos de hierro se pueden clasificar en 6 tipos: 1.— Magmáticos, 2.— Metasomáticos de contacto, 3.— De reemplazo, 4.— Sedimentarios, 5.— Residuales y 6.— De oxidación.

Los depósitos chilenos corresponden a los tipos 1, 2 y 4.

Tipo 1: Yacimiento de El Laco (Prov. de Antofagasta, ubicado en la cordillera de los Andes, cerca de frontera con Argentina): Está relacionado con el volcanismo Cuaternario y se habría depositado en forma de una colada volcánica de magnetita. Este yacimiento constituiría un caso único en el mundo. Sus reservas son muy importantes (Probadas, 180 millones de ton.; Probables y Posibles, 800 millones de ton.) y su ley es alta; el único factor desfavorable es su ubicación.

Tipo 2: Yacimientos de la "Provincia del Geosinclinal Andino", ubicado en las provincias de Atacama y Coquimbo, en una franja de unos 600 kms. de largo. Su edad es mesozoica y se habrían producido por metasomatismo de contacto en rocas andesíticas. Los principales son los de El Algarrobo, el Romeral y El Tofo. Los yacimientos de esta provincia son los únicos en producción actualmente: la que en 1969 alcanzó a 11.534.449 ton. de mineral. Parte de la misma se exporta y el resto alimenta la usina de Huachipato.

Tipo 3: Yacimientos de la Provincia de la Cordillera de la Costa de Chile Central y Sur. Son de origen Sedimentario-Matamórfico y se considera que se depositaron durante el paleozoico y el Precámbrico, como sedimentos ferruginosos en los antiguos mares. El metamorfismo de esos sedimentos habría producido la composición y estructura actual de los depósitos.

El yacimiento principal es el de Mahuilque, que consiste en un manto de 20 m. de potencia de cuarzo y magnetita de textura laminar, intercalado en esquistos micáceos. Los afloramientos aparecen en una franja de orientación noreste de 20 km. de largo por 10 km. de ancho. La ley de estos yacimientos, de 38o/o, es relativamente baja. Sin embargo, por su gran tonelaje (200 millones de ton.), constituye una reserva importante para el futuro.

Aspectos económicos y técnicos.

Los principales productores de hierro son: EE.UU., Rusia, Francia, Suecia, Gran Bretaña, etc.

La producción chilena de hierro, comparada con la mundial, es pequeña, sólo represente el 1,75 o/o. En 1969 se produjeron 11.534.449 ton. de mineral, de las cuales se exportaron 9.670.327, con un ingreso de US\$ 71.129.212. Los principales países compradores son EE.UU y Japón; y en segundo término Alemania, Argentina y otros. Las reservas son también relativamente pequeñas a escala mundial, aunque la alta ley de algunos minerales y su favorable ubicación geográfica (cercana a los puertos), favorecen su exportación.

De acuerdo al ritmo actual de las explotaciones de los yacimientos y a los proyectos

de desarrollo que se están realizando, nuestras reservas alcanzarían para 30 o 40 años más.

La Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, en sus últimos informes, señala que las reservas conocidas de minerales de hierro alcanzarían a 248.000 millones de ton. y las reservas potenciales a 200.000 millones de ton.; de modo que nuestras reservas conocidas (alrededor de 960 millones de ton.) representarían sólo el 0,4 o/o de las reservas mundiales y nuestras reservas potenciales alcanzarían al 0,9 o/o del total.

Además, hasta este momento la industria extractiva del hierro, ha estado restringida en nuestro país a la explotación de minerales de alta ley (sobre 60 o/o de Fe), bajo contenido de impurezas (especialmente fósforo y azufre) y principalmente en colpas. La demanda de minerales en colpas tiende a ir desapareciendo pues los consumidores exigen minerales beneficiados (pellets, sinter, etc.). Por otra parte las explotaciones se han proyectado a tajo abierto, utilizando las grandes empresas, equipos modernos de alto rendimiento. (1).

Como país exportador, Chile debe enfrentarse al problema de la distancia hasta los centros de consumo, lo cual ha limitado nuestras posibilidades, puesto que el mineral chileno es el que debe recorrer el camino más largo. Sin embargo, esta situación se ha mejorado un tanto mediante el empleo de barcos de gran tonelaje, lo que en cierto modo abarata el costo de los fletes.

La CAP consideró conveniente efectuar una prospección en la cordillera de Nahuelbuta, en la cual se reconoció el yacimiento de Mahuilque. Apesar de que la ley de este yacimiento y, probablemente de otros similares, susceptibles de encontrarse en la misma formación, está por debajo de las leyes actualmente explotables, estos depósitos constituyen una reserva importante para el futuro, para la fabricación de Sinter Feed y Pellet.

En consecuencia, los estudios que CAP y el IIG realizan en la provincia de Valdivia, tienen principalmente interés a largo plazo.

Perspetivas de Desarrollo.

En esta provincia, actualmente no se conocen yacimientos de hierro. Sin embargo, los estudios aeromagnéticos realizados por la CAP y el IIG Permitieron detectar varias anomalías, cuya comprobación en terreno no ha significado aún el hallazgo de yacimientos ferríferos (O. Alvarez, inf. verbal).

2.1.5. Manganeso.

Mineralogía y Metalurgia.

Las menas de manganeso más conocidas son: Pirolusita (MnO_2) con 63 o/o de Mn, Psilomelana ($MnO \cdot MnO_2 \cdot 2H_2O$) con 45 a 60 o/o de Mn, Rodocrosita ($MnCO_3$) con 47,6 o/o de Mn y Rodonita ($MnSiO_3$) con 41,9 o/o de Mn.

(1) Llaumet, C. (1970). La minería del hierro en Chile como factor de desarrollo económico. Trab. presentado a la 2ª Convención de Geólogos de Chile. La Serena.

El mineral se selecciona generalmente a mano, o bien por lavado. Se trata en un horno, junto con mineral de hierro para producir ferromanganeso. Los minerales de bajo grado se tratan de un modo similar pero para producir hierro especlar. El Mn metálico se obtiene electrolíticamente.

Usos.

El Manganeso es el más importante de los metales para ferroaleaciones. Es necesario para la fabricación de aceros al manganeso y de acero al carbono. El 95 o/o, aproximadamente, del consumo de manganeso es para fines metalúrgicos, de cuya cantidad corresponde, la menor parte al que se usa para otras aleaciones tales como ciertos bronce. Su principal objeto en la fabricación del acero es eliminar el oxígeno y el azufre, a fin de producir un metal limpio y perfecto. Se añade en forma de ferromanganeso (80 o/o de Mn), para lo cual se necesita un mineral que contenga un mínimo de 46 o/o de Mn. También se utiliza en la forma de hierro especlar (20 o/o de Mn). El acero al manganeso se emplea cuando se necesita dureza y tenacidad.

Geología.

Los depósitos de manganeso se clasifican en Hidrotermales, Sedimentarios, Concentraciones Residuales y Depósitos Metamorfosados. Los más importantes son los Sedimentarios y los Residuales. La producción chilena de manganeso proviene de yacimientos sedimentarios de edad Cretácico Superior, ubicados en las provincias de Atacama y Coquimbo.

Estos depósitos se habrían formado en ambientes transicionales, por impregnación en rocas sedimentarias, de soluciones ricas en manganeso, relacionadas con la actividad volcánica.

Los principales yacimientos mundiales de manganeso se encuentran en Rusia, India, Africa del Sur y Brasil. Aunque los yacimientos chilenos, son pequeños a escala mundial y su producción es baja, el escaso contenido de arsénico de las menas hace que estos sean favorables para la exportación.

Aspectos Económicos y Técnicos.

La producción de manganeso del país en 1969 fue de 23.699 ton. de mineral, lo que permite abastecer el mercado interno y exportar una pequeña cantidad de minerales de alta ley (más de 47 o/o de Mn), cuyo bajo contenido de arsénico facilita su colocación en los mercados internacionales. En el mismo año, se exportaron 3.041 ton. lo que significó un valor de US\$ 74.987.

La producción total proviene de las minas de Los Loros, Corral Quemado y Fragua; estas dos últimas de propiedad de la Cía. Manganesos Atacama S.A. Los 3 yacimientos mencionados se encuentran en la provincia de Coquimbo.

El mineral que queda en Chile es procesado en la planta de ferromanganeso de San Vicente, de propiedad de la Cía. Carburo y Metalurgia.

A su vez, parte del ferromanganeso obtenido (75 o/o Mn, 15 o/o Fe, 6 o/o C), es exportado y el resto alimenta principalmente la industria siderúrgica de Huachipato. El ferromanganeso se obtiene de minerales de baja ley (41 o/o Mn) cuyo precio actual (Marzo 1971) es de E.o 423,89 la tonelada métrica.

Además de la planta de ferromanganeso de San Vicente, existe una en Nos y otra en Guayacán, las cuales se encuentran paralizadas por falta de materia prima.

Dado su carácter estratégico, existe una importante demanda de Mn en los períodos bélicos, la que declina en épocas normales. Por otra parte las reservas chilenas de este metal son muy pequeñas y las de los yacimientos de la provincia de Coquimbo (4 millones de toneladas) son inferiores al consumo mundial de un año. Como dato ilustrativo podemos ver que en Rusia, el distrito de Nikopol y el de Tchaturi, tienen reservas que ascienden a un total de 560 millones de toneladas.

De ahí que Chile sea sólo productor marginal de este metal y que el interés de sus yacimientos esté basado en el abastecimiento del consumo interno y en los empleos que genera su extracción (más de 500 personas) y en su elaboración.

Geología de los Yacimientos de la Provincia de Valdivia.

Los yacimientos de Mn de la provincia de Valdivia, conocidos desde fines del siglo pasado, están incluídos dentro de la provincia metalogénica de la Cordillera de la Costa de Chile Central y Sur. Carecen de importancia económica pero, dada su amplia distribución en la provincia, no se puede descartar la posibilidad de encontrar otros más favorables en las rocas del Basamento Cristalino (1).

Los principales yacimientos conocidos en la provincia de Valdivia son: Santo Domingo, Isabel, Bellavista y Piedra Negra. Fueron estudiados por Ericksen (2). Los minerales de Mn, pirolusita y rodonita, están asociados a una capa de cuarcita blanca a gris de 0,25 m. a 2 m. de espesor. Existen pequeñas fallas y fracturas mineralizadas que cortan a estas capas. Es probable que la pirolusita se haya formado por la oxidación y enriquecimiento supérgeno a partir de rodonita.

Respecto a la génesis de estos yacimientos, Ruiz, C. (1) opina que la concordancia del mineral con las capas que lo contienen indicaría que éste se depositó conjuntamente con los sedimentos clásticos que, por metamorfismo, dieron origen a los esquistos micáceos y cuarcitas. Aunque se desconoce el carácter de la alteración y del enriquecimiento experimentado por el mineral, durante el metamorfismo.

Perspectivas de Desarrollo.

Si se consideran las características de la producción de Mn chilena, así como el tipo de depósitos de la provincia de Valdivia, las expectativas de desarrollo de estos últimos son muy desfavorables.

Sin embargo, es necesario tomar en cuenta la interacción entre el Mn y la industria siderúrgica, lo que hace aconsejable incluir el estudio de los yacimientos de Mn de Valdivia, en las prospecciones de minerales de hierro que actualmente se ejecutan en la provincia y que tienen por objeto aumentar las reservas de hierro del país.

(1) Ruiz, C. 1965. Op. cit.

(2) Ericksen, G. 1961. Op. cit.

2.1.6. Oro.

Mineralogía y Metalurgia.

El oro se encuentra como oro nativo y en pequeñas cantidades como telururos de oro; además, es muy importante el oro incluido en otros minerales, (de cobre, plomo, etc.). Casi todos los minerales de oro contienen algo de plata, pero es escasa la amalgama natural.

La ganga corriente es el cuarzo pero, a veces, pueden encontrarse otros minerales. Comúnmente el oro está contenido íntimamente en sulfuros metálicos y en sus productos de oxidación.

La mayoría de los minerales de oro se tratan por cianuración o por amalgamación, o ambas a la vez, con o sin flotación y tostación previa.

Usos.

El empleo más frecuente del oro es con fines monetarios, de modo que la mayor parte de él se conserva en lingotes como reserva y respaldo de los billetes emitidos. Sigue en importancia su empleo en la ornamentación y joyería; su pureza o finura se expresa en quilates (1 quilate = 1 parte de oro en 24 partes). Además se usa en orfebrería, dorados, decoración de interiores, odontología e industria química.

Geología.

La mayoría de los yacimientos de oro se han originado de soluciones magmáticas o por concentraciones superficiales. Algunos se formaron por metamorfismo de contacto, pero la mayor parte de los filones fueron formados por soluciones hidrotermales.

La concentración mecánica ha producido la gran cantidad de placeres de oro en las regiones no glaciadas del mundo; en cambio, el enriquecimiento supérgeno, los de poca importancia.

Los principales tipos de depósitos auríferos son: 1) Depósitos magmáticos; 2) Metasomáticos de contacto; 3) Depósitos de sustitución a) Masivos, b) Filones y c) Diseminados; 4) Relleno de cavidades; 5) Concentraciones mecánicas y 7) Concentraciones residuales.

Aspectos Económicos.

Además de sus usos ornamentales y técnicos, el oro ha sido usado, desde la antigüedad, como moneda de cambio y en la actualidad es el patrón monetario internacional. Este último aspecto es de especial importancia puesto que el aumento de precio implica la desvalorización de las unidades monetarias internacionales, en particular del dólar. De ahí que los EE.UU han realizado esfuerzos sostenidos en los últimos años por conservar su valor estable (US\$ 37 la onza-Trey), lo que ha significado

en el hecho una baja del precio del oro, si se considera la inflación que afecta a la economía norteamericana.

El bajo precio del oro impide la explotación normal de este metal, cuya producción queda reservada sólo a los yacimientos de alta ley, el oro que se recupera de la elaboración de otros metales (Ej. Cu) o al de países de economías especiales; Ej. la URSS, país de economía estatal y que requiera la obtención de divisas para su comercio con los países del área del dólar; y, Sud-Africa, cuya mano de obra de bajo costo, constituida por obreros negros, le permite producir oro a los precios actuales.

La producción de oro en Chile ha procedido tanto de minerales de oro de veta, como de yacimientos aluvionales (o lavaderos) y del subproducto de la explotación de los minerales de cobre.

El siguiente cuadro, tomado de Ruiz (1), muestra la variación de la importancia de cada una de estas fuentes (oro fino contenido en kilogramos):

Año	Minerales de oro	Oro de lavaderos	Oro en barras y concentrados de Cu	Totales
1918	1,71	65,00	229,63	296,34
1934	4.954,22	1.956,66	801,63	7.712,51
1940	5.850,43	1.139,31	2.576,23	9.565,97
1950	4.174,00	652,00	1.089,00	5.915,00
1960	265,30	10,27	1.329,16	1.604,73

En 1969 la producción total fue de 1.827 kg. de fino procedente en su casi totalidad de la minería del cobre.

Las cifras anteriores reflejan el agotamiento de la mayor parte de los yacimientos vetiformes de oro, así como la imposibilidad económica de explotar los lavaderos en las actuales condiciones.

En la época de la crisis mundial (1930-1931) se dieron precios especiales al oro y se incentivó la explotación de los lavaderos. Se creó una organización estatal, la Jefatura de Lavaderos de Oro, que tenía como tarea prestar ayuda a los propietarios de estas explotaciones. Además se dieron facilidades especiales para la importación de equipos.

El descenso posterior del precio del oro, unido al agotamiento de las zonas de mejor ley (*) y a la fijación de salarios mínimos para los obreros hicieron antieconómica la explotación de los lavaderos, situación que se mantiene hasta hoy.

Geología de los Lavaderos de Oro de Valdivia.

Los placeres de oro de esta provincia, provienen de la disgregación de las rocas del Basamento Cristalino; estas rocas contienen venillas de cuarzo aurífero de donde el oro fue liberado y concentrado por los procesos de erosión, transporte y sedimentación,

(1) Ruiz, C. (1965) Op. Cit.

(*) En un estudio reciente efectuado en los lavaderos de oro de la prov. de Cautín (Carahue y Niblinto) se encontraron leyes muy bajas, del orden de 0,6 gr/m³.

derivados de la acción fluvial. De este modo el oro, finamente dividido y raras veces en forma de pepitas, puede encontrarse ya sea en depósitos aluviales de terrazas o en depósitos en los lechos actuales de ríos y esteros.

Las zonas que fueron más importantes desde el punto de vista aurífero, aunque actualmente están sin actividad son:

- 1) La hoya hidrográfica del río Llipe. En él se encuentran los lavaderos de Madre de Dios, los que desde tiempos de la Conquista contribuyeron a la producción aurífera nacional. Su descubrimiento data de 1566. En esta misma zona se encuentra el lavadero de El Roble, el cual también fue de gran importancia.
- 2) La hoya hidrográfica del río Purulón y
- 3) La hoya hidrográfica del río Ñaque.

Cabe destacar que todas estas zonas auríferas guardan una marcada relación espacial con las rocas metamórficas del Basamento Cristalino. Las "circas" normalmente están constituídas por esquistos y los mantos auríferos están formados por depósitos de arena en que abundan los fragmentos de cuarzo y rocas metamórficas.

Perspectivas de Desarrollo.

Considerando las condiciones económicas desfavorables que presenta la minería del oro, así como el grado de agotamiento de los yacimientos aluviales de la provincia de Valdivia, las perspectivas de desarrollo de esta industria son poco prometedoras.

Esta situación podría alterarse, si se realizaran estudios geomorfológicos y geofísicos que permitieran ubicar nuevos yacimientos asociados a paleocanales (sistemas fluviales cubiertos) y que no hayan sido detectados por los antiguos buscadores de oro. Conviene señalar, sin embargo, que estos estudios son lentos y requieren personal especializado, lo que implicaría una inversión económica relativamente alta y de resultados inciertos.

2.2.— No metálicos.

2.2.1. Arcillas

Mineralogía.

El término arcilla se aplica en dos sentidos: uno mineralógico y otro granulométrico. De acuerdo al primero, las arcillas son filosilicatos aluminosos y se dividen en dos grupos principales: el de la caolinita de baja capacidad de hidratación y cambio de base, y el de la montmorillonita, que posee ambas propiedades en alto grado. La illita y las arcillas de tendencia micácea, pueden considerarse como montmorillonitas que han perdido sus propiedades para la incorporación de cationes. Desde el punto de vista granulométrico, se denominan arcillas a aquellos agregados cuyas partículas tienen un tamaño inferior a 0.005 mm.

Usos.

El caolín se emplea en la fabricación de productos de alta calidad como porcelana, porcelana para usos eléctricos, químicos y sanitarios, fabricación de esmaltes cerámicos, etc. Las arcillas refractarias se usan en la fabricación de ladrillos refractarios, crisoles, revestimiento interior de hornos, etc. Las arcillas de alfarería y las vitrificantes, en la fabricación de loza, alfarería, tejas, ladrillos, etc. Entre los usos no cerámicos de las arcillas están la fabricación de papel, pintura, linóleos, jabones, cosméticos, etc. en la cual la arcilla interviene como carga. Además se emplea en la fabricación de cemento Portland, en la purificación de aguas, etc.

Geología.

De acuerdo a su origen, las arcillas se pueden clasificar en:

- 1) Residuales; debidas al efecto de los procesos de meteorización química, o bien, por acción hidrotermal sobre rocas feldespáticas; y
- 2) Sedimentarias.

En el caso de las arcillas residuales, durante la meteorización, los compuestos orgánicos (ác. húmico) hacen que el fierro férrico, insoluble, pase a ferroso, soluble, permitiendo así su eliminación. Favorecen este proceso los climas húmedos y templados. Los mejores caolines se forman en estas regiones, en cambio faltan, en las regiones áridas. Las regiones glaciales, aunque son ricas en depósitos de arcilla sedimentaria, no contienen buenos yacimientos residuales por haber sido erosionados por los hielos y además por la breve duración del período postglacial.

La formación de la arcilla, a partir de minerales silicatados, es esencialmente una hidrólisis de los silicatos con formación de silicatos hidratados de aluminio, y la eliminación de la sílice soluble y de los álcalis en solución. Una eliminación total de los álcalis da origen a la caolinita, mientras que una eliminación menos completa origina la montomorilonita.

El caolín se forma también en rocas sericiticas, por la acción de sulfatos y ácido sulfúrico, formados por meteorización de sulfuros. Esta caolinización superficial es característica de los depósitos de cobre enriquecidos supergénicamente.

Las mejores rocas madres de arcillas residuales son las rocas cristalinas ricas en feldespatos y pobres en fierro, tales como el granito y el gnéiss. Producen las arcillas más puras, pero tienen que ser lavadas para eliminar el cuarzo y la limonita. Las pegmatitas, ricas en feldespatos, producen masas semejantes a diques, muy ricas en caolín blanco. Las sienitas dan también muy buena arcilla. En cambio las rocas ígneas básicas producen una gran cantidad de óxido férrico que mancha la arcilla haciéndola, a veces, inservible. Las pizarras, aunque están constituídas por minerales de arcilla, dan un producto más puro cuando han sido afectadas por la meteorización.

Las arcillas sedimentarias son de mejor calidad como refractarias cuando se han depositado en agua dulce, puesto que en el agua salada la despositación de los materiales finos se realiza muy rápidamente (Floculación), con lo que la separación de

arcilla y arena o polvo de cuarzo, es menos completa; además hay que agregar que el contenido en calcio de los organismos influye desfavorablemente sobre la resistencia al fuego de la arcilla.

Se deben buscar principalmente, bajo capas de carbón, ya que debido al ácido húmico, el hierro ha sido lixiviado y el álcalis de los feldspatos, solubilizado.

Aspectos Técnicos y Económicos.

Los yacimientos de arcilla se explotan, tanto a tajo abierto como subterráneamente; dependiendo esto de las características geológicas.

Rara vez el caolín es de una pureza tal que pueda ser directamente empleado en la industria; puesto que generalmente aparece mezclado con impurezas o fragmentos de otros minerales. Para este objeto, se somete previamente el material a un lavado que proporciona caolín más puro, de grano más fino y uniforme. Durante este lavado, la mica y los granos de arena decantan, mientras que el caolín permanece en suspensión y es arrastrado por la corriente de agua. Posteriormente se muele y se separa por aire o por medio de centrífugas. El hierro se le extrae por procedimientos electromagnéticos o por tratamiento con ácidos. En Chile existe una sola planta de lavado de arcillas, ubicada en Rosario de los Solís, provincia de Colchagua. Además CORFO tiene en proyecto la instalación de otra en el norte del país.

Se puede decir que no existen especificaciones que puedan aplicarse indiscriminadamente a todas las arcillas destinadas a fines cerámicos debido a que estos son muy variados. Cada industria cerámica necesita de una arcilla de determinadas características o especificaciones, que corresponden a la naturaleza del producto cerámico

La composición química y la apariencia física (color, textura, etc.) son de gran utilidad, pero casi nunca estos factores, por sí solos, son concluyentes. Puede suceder que dos arcillas con la misma apariencia e igual composición química, se comporten en forma distinta. Por lo tanto, el comportamiento de una arcilla destinada a fines cerámicos se conoce experimentalmente, mediante pruebas de cocción de los materiales.

Las condiciones de las arcillas que se emplean con fines no cerámicos, pueden reducirse a lo siguiente: molienda fina; pequeña proporción de sílice libre o arena, lo que es de mucha importancia si la arcilla se destina para carga en la industria del papel, pinturas, etc.; color blanco, sin contaminaciones con fierro, cuando se emplean en la fabricación de papel y pinturas; bajo poder de absorción, si es para fábricas de pinturas.

Casi el 90 o/o de la arcilla que se produce es para fabricar ladrillo y no se llevan estadísticas mundiales de producción. Los principales productores de caolín son: China, Inglaterra, Alemania, Japón, EE.UU. y Checoslovaquia. Son famosas las porcelanas de China, principalmente de la provincia de Kiangsi; y de Francia, de Limoges y Sevres; además las cerámicas de Alemania y Checoslovaquia.

En Chile existen depósitos de arcilla de diferentes clases, siendo algunos de buena calidad, de modo que han dado origen a diversas industrias, entre las que destacan las fábricas de loza, alfarería y refractario.

Los depósitos de caolín también son numerosos, pero los de alto grado de pureza son relativamente escasos porque en muchos de ellos el material está mezclado con cuarzo, calcedonia, feldespatos, etc.

Cabe destacar que las arcillas contenidas en la formación Terciaria carbonífera de Chile, constituyen una fuente importante de materias primas para la industria de cerámica nacional.

De acuerdo a datos estadísticos de 1969, se produjeron en Chile 44.428 toneladas de caolín y 91.636 ton. de arcillas. Sin embargo, las importaciones, en el mismo año, alcanzaron a 682 ton. de caolín y arcilla blanca por un valor de US\$ 71.855. Dichas importaciones se hicieron desde EE.UU., Alemania occidental, Inglaterra y Argentina.

La producción nacional de arcilla y caolín es absorbida principalmente por la industria cerámica y de refractarios; por la industria del papel, caucho, linóleo, pinturas, etc.

Yacimientos de Valdivia.

Las arcillas de esta provincia se caracterizan por su elevado porcentaje de sílice libre, que varía entre 20 y 40 o/o y por su reducida proporción de caolín, que es de 40 a 50 o/o (1).

Los principales depósitos son los de Quitaluto, Punucapa, Niebla, Ciruelos y el del fundo Las Lomas.

El primero está ubicado a 1 km. al SE del cruce entre el camino nuevo a Corral y la entrada al fundo Quitaluto. El yacimiento tiene la forma de un manto casi vertical de aproximadamente 4 m. de potencia. El origen de este yacimiento se debería a la presencia de numerosos diques de pórfido diorítico de rumbo predominante NE y de potencias variables entre 8 y 20 m., los cuales están ligados a las intrusiones graníticas del Cretácico Superior. Algunos de estos diques están profundamente alterados, lo que ha llevado a la formación de depósitos pequeños de caolín. A pesar de la rápida erosión de la costa, en los plutones también se ha llegado a una completa alteración de los feldespatos, hasta 60 m. de profundidad (2). Las arcillas de este depósito fueron antiguamente explotadas por la Fc. Nacional de Loza de Penco y también se usaron para la fabricación de ladrillos refractarios para los Altos Hornos de Corral.

El depósito de Punucapa está ubicado en la ribera W del estero Cutipay, 1 km. agua arriba de la desembocadura de éste en el río Valdivia. El depósito de arcilla de Niebla, está situado cerca del balneario del mismo nombre. El origen de estos dos últimos yacimientos, se presume que es similar al de Quitaluto.

Análisis de muestras del material de estos tres yacimientos arrojaron los siguientes resultados (1).

(1) Vila, T., (1953). Recursos minerales No-Metálicos de Chile. Stgo. Ed. Universitaria.

(2) Illies, H., (1970). Geología de los alrededores de Valdivia y volcanismo y tectónica en márgenes del Pacífico en Chile meridional. Valdivia. Ed. U. Austral de Chile.

	Punucapa	Niebla
SiO ₂	61,76 o/o	54,32 o/o
Al ₂ O ₃	21,35 o/o	17,37 o/o
Fe ₂ O ₃	4,29 o/o	8,34 o/o
CaO	0,33 o/o	2,39 o/o
MgO	indicios	2,29 o/o
Alcalis	3,05 o/o	4,99 o/o
TiO ₂	0,60 o/o	0,97 o/o
Pérdida al rojo	7,82 o/o	9,25 o/o

La arcilla de Niebla tiene la particularidad de presentar un alto contenido de carbonato de calcio y magnesio.

Los otros dos depósitos de caolín están ubicados, uno en el fundo Las Lomas, 6 ó 7 km. al SW del pueblo de Máfil, y el otro, cerca de la estación de ferrocarril de Ciruelos, aproximadamente 2 km. al W del camino longitudinal. Ambos yacimientos sólo producen material para la fábrica de cerámica de Valdivia, la que consume aproximadamente 30 toneladas anuales (Sr. B. Petersen, inf. verbal). El caolín del depósito de Ciruelos tiene la ventaja de presentar menos contenido de óxido de hierro que el del fundo Las Lomas.

Se presume que el origen de estos yacimientos sea sedimentario.

Perspectivas de Desarrollo.

Esta provincia tiene tres factores geológicos favorables para la existencia de arcillas. En primer lugar la presencia de pequeños intrusivos en la costa, que por alteración de sus rocas cristalinas han dado origen a yacimientos como los de Quitaluto y Niebla; y posiblemente a otros que es necesario prospectar. En segundo lugar la gran cantidad de depósitos glaciales, fluvioglaciales y glaciolacustres, que se encuentran en la provincia, justifican la posibilidad de que existen yacimientos de arcillas sedimentarias, como posiblemente lo son los de Ciruelos y del fundo Las Lomas. Finalmente, está el hecho de que en Valdivia existen formaciones sedimentarias con intercalaciones de mantos de carbón que podrían incluir caolines de buena calidad.

En relación con esto cabe mencionar que, de la mina carbonífera Los Copihues de Pupunahue se extrajeron arcillas para usos refractarios, que dieron resultados relativamente satisfactorios y que tienen propiedades bentónicas. (Sr. René Lara, inf. verbal).

2.2.2. Asbestos

Mineralogía.

Los asbestos se dividen en 2 grupos: serpentinas y anfíboles. Los primeros son silicatos hidratados de magnesio y los segundos silicatos hidratados de calcio, magnesio, hierro, sodio y/o aluminio.

Grupo de la Serpentina.

Criolito: Es el principal representante de este grupo y su fórmula es $(\text{SiO}_2)_2 \cdot (\text{MgO})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Las fibras alcanzan a veces más de 7 cm. de largo. Tiene elevada tenacidad y resistencia a la tracción, lo que permite hilarlo.

Grupo de los Anfíboles.

Crocidolita: Tiene como fórmula $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. No se puede hilar. Es resistente al calor y a los ácidos.

Antofilita: Su fórmula es $7(\text{MgO} \cdot \text{FeO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$. Las fibras son gruesas, largas, quebradizas y de escasa tenacidad; por lo cual no es textil. Se emplea para fabricar filtros químicos.

Amosita: la fórmula es $(\text{FeO} \cdot \text{MgO}) \cdot \text{SiO}_2$. La fibra es bastante larga pero no se puede hilar por su rigidez. Es resistente a los ácidos, a los álcalis y al calor.

Tremolita: Su fórmula es $2\text{CaO} \cdot 5\text{MgO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. No se puede hilar por su poca tenacidad y se utiliza como carga.

Actinolita: La fórmula es $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})_3 \cdot \text{SiO}_3$. Se presenta en fibras y en masas compactas granulares.

Usos.

Los usos del asbesto dependen principalmente del tamaño de sus fibras. Los de fibra corta se emplean en la fabricación de cemento para planchas, tuberías y pizarreño, para techumbres, en una proporción de 20 o/o de asbesto y 80 o/o de cemento. También se emplean en la fabricación de ladrillos y tuberías aislantes en una proporción de 15 o/o de asbesto y 85 o/o de carbonato de magnesio. Además, se usan en la fabricación de papel esponjoso, como carga de aislantes y de asfalto para pavimento, en la fabricación de filtros para ácidos, etc.

El asbesto de fibra larga, por sus propiedades textiles, se emplea para la confección de tejidos ignífugos, aislantes, balatas para frenos, empaquetaduras, etc.

Durante la Segunda Guerra Mundial, debido a sus usos bélicos, se clasificó al asbesto en III lugar entre los minerales estratégicos no metálicos.

Geología.

La mayor parte de los yacimientos de crisotilo están asociados a rocas serpentínicas, las que derivan de la acción de soluciones magnésicas sobre rocas ultrabásicas como peridotitas o dunitas, o bien, de la acción de soluciones cargadas en sílice, sobre la dolomita. Los filones de crisotilo, al igual que los de crocidolita y amosita, son irregulares y las fibras se disponen perpendicularmente a las salbandas. En cambio las fibras de Tremolita, Actinolita y Antofilita, son paralelas a las cajas del filón.

La Antofilita es un producto de alteración de las peridotitas; la tremolita deriva del

piroxeno y de la olivina y puede transformarse fácilmente en talco. La Actinolita proviene de la alteración de los piroxenos de los gabros. Todos estos minerales aparecen asociados a pizarras cristalinas, en zonas de contactos y también en zonas con calizas y dolomitas.

Cabe destacar que el ambiente geoquímico en que se forma el asbesto es similar a aquel donde se forma el talco, de ahí que estos yacimientos a veces se encuentren asociados.

Aspectos Económicos y Técnicos.

El principal productor de asbesto es Canadá, con un 46 o/o de la producción mundial (1.417.000 ton. en 1964), seguido de cerca por la URSS, con un 37 o/o de la producción mundial (1.300.000 ton. en 1964) y en menor proporción Sudáfrica y Rodesia. Estos 2 primeros países son los que poseen las mayores reservas del mineral y se estima que las actuales reservas mundiales son suficientes para 25 a 30 años.

EE.UU. es el principal consumidor y su demanda crece al ritmo de 5 o/o anual, de modo que se calcula que su demanda para 1975 alcanzará al millón de toneladas.

En Chile no se explotan yacimientos de asbesto, a pesar de que se conoce la existencia de este mineral en varios lugares (provincias de Tarapacá, Coquimbo, Curicó, Malleco, Cautín, Valdivia y Aisén). Todos estos depósitos han sido muy poco estudiados y no se tiene conocimiento ni de su volumen ni de la calidad del mineral; aunque los escasos datos parecen indicar que se trataría de asbesto de fibra corta y principalmente de Crisotilo, Actinolita y Tremolita.

Nuestro país consume productos de asbesto en una cantidad cercana a las 7.000 ton. anuales, lo que significa un gasto de alrededor de US\$ 2.000.000 anuales. El 90 o/o de este producto se destina a la Fca. de Pizarreño y el resto a las fábricas de balatas, empaquetaduras, aislantes térmicos, etc.

La extracción del asbesto requiere de la movilización de grandes volúmenes de roca, pero esto no impide que yacimientos pequeños puedan ser explotados. Los métodos usados para el beneficio consisten en trituración y harneados sucesivos, separando cada vez las fibras libres de impurezas y pedazos de rocas adheridos. En las minas pequeñas el material se separa a mano. Por lo general, el 97 o/o de la producción es de fibra corta. El mineral de fibra larga tiene propiedades textiles y es el máspreciado.

Yacimientos en la Provincia de Valdivia.

Se conocen dos yacimientos de asbesto, el de Cerro Bonifacio, 20 km. al norte del Balneario de Niebla y 5 Km. al NW de la aldea de Curiñanco; y el otro, menos conocido, a 7 Km. de la estación de Antilhue. Ambos están asociados a rocas, básicas serpentinitizadas del Basamento Cristalino. No se tiene mayor información geológica de ellos.

Perspectivas de Desarrollo.

Es de suma importancia realizar los estudios geológicos de estos yacimientos; además existe la posibilidad de encontrar otros en esta misma formación geológica que tiene una gran distribución areal.

Por otra parte se deberían conocer las especificaciones técnicas del mineral que necesitan los principales consumidores nacionales y efectuar ensayos en estas industrias con los minerales que actualmente se conocen en el país. Esto es de especial importancia en el caso de la industria de pizarreño, ya que se trata del principal consumidor y que el asbesto no es utilizado con fines textiles, lo que haría menores las exigencias en cuanto a calidad del mineral.

2.2.3. Azufre.

Mineralogía.

El azufre se presenta en estado nativo o en combinaciones. En el primer caso, puede encontrarse en cristales ortorrómbicos o en masas compactas o pulverulentas y estalactíticas. Puro, es de color amarillo brillante, pero por efecto de las impurezas, se torna verdoso, anaranjado o grisáceo. La dureza fluctúa entre 1,5 y 2,5; el peso específico en cristales es de 2.07. Es insoluble en agua, pero es soluble en disolventes orgánicos.

Usos.

El azufre puro o combinado se emplea en la agricultura para corregir la deficiencia de este elemento en los terrenos; en viticultura para fumigar la vid y para azufrar toneles con el fin de proteger el vino de la fermentación; como insecticida y fungicida; en la preparación de alimentos para aves y animales; en la fabricación de cementos especiales; en la preparación de productos químicos; en la industria de la vulcanización del caucho; en la fabricación de pólvora; en medicina y veterinaria, etc.

Además se emplea en la fabricación del ácido sulfúrico y del anhídrido sulfuroso.

El ácido sulfúrico se utiliza en la preparación de fertilizantes; en la refinación del petróleo, en la industria de la pulpa para fabricar papel; en galvanización; en la metalurgia para lixiviar el cobre y para estañar y esmaltar metales, etc.

El anhídrido sulfuroso, por su parte, se usa como desinfectante; como blanqueador de textiles; en la preservación de comestibles; en la neutralización del molibdeno en la electrólisis del cobre y en diversos procesos metalúrgicos; etc.

Geología.

El azufre nativo se presenta 1) en forma de depositaciones alrededor de los volcanes, Japón, Méjico, Chile; 2) en casquetes en los domos de sal; EE.UU. y 3) en forma de

capas sedimentarias: Rusia, Sicilia, España.

La pirita (como sulfuro) se presenta en forma de masas de reemplazo, con pirrotina, calcopirita y algo de blenda.

Los depósitos de azufre nativo, a su vez, pueden estar asociados al vulcanismo, o bien, pueden depositarse por oxidación y por bacterias del azufre en fuentes termales que contengan ácido sulfhídrico.

En el caso de Chile, debido al intenso vulcanismo producido durante el Cuaternario y el Reciente; por la reacción y depositación de sus gases sulfurados, se han formado numerosos yacimientos de azufre a lo largo de todo el país.

Los depósitos de azufre se encuentran en los faldeos de los volcanes, en pequeñas cuencas y en las inmediaciones de los cráteres, formando mantos, relativamente paralelos al terreno, o bien, bolsones y lentes.

La mena está constituida por materiales líticos de variada composición y granulometría (pómez, ceniza, yeso), cementado por azufre, lo que se denomina caliche.

La potencia de los mantos es muy variable, pudiendo fluctuar entre 0.5 y 6 m., aunque son escasos los de espesor mayor de 3 m. La sobre carga, constituida por materiales volcánicos y de acarreo, puede alcanzar varios metros de espesor.

Aspectos Técnicos y Económicos.

Los azufres refinados se venden, generalmente, con una pureza de 99.5 o/o o más, debiendo estar libres de arsénico, selenio, telurio y bitumen. No existen especificaciones respecto al tamaño del grano, cuando se vende crudo o granulado; pero en caso de existir se regulan por tamizado. El color tiene una importancia comercial; ya que se prefiere el de color amarillo claro.

La producción mundial de azufre bruto, y de pirita y fundiciones, es de unos 4 millones de ton. anuales, de los cuales EE.UU. produce alrededor del 90 o/o y el resto procede de Italia, Japón, Chile, Francia, México, España, Rusia, etc. En EE.UU. se producen alrededor de 230.000 ton. de azufre extraída del ácido sulfúrico, como un subproducto de la fundición de cinc y cobre. Casi la mitad de la producción mundial de azufre, fuera de EE.UU. se obtiene de pirita.

En Chile existen yacimientos de azufre, prácticamente a lo largo de todo el país; sin embargo, en la actualidad, sólo tres azufreras, situadas en la provincia de Antofagasta, están en producción: 1) Aucanquilcha, que produce azufre refinado de 98,5 o/o y lo vende a la Empresa Minera Mantos Blancos y a empresas agrícolas. 2) Santa Rosa, que entrega su producción en forma de caliches a la empresa minera Chiquicamata. 3) Cecilia, la cual entrega su producción en forma de azufre ventilado, al Banco del Estado para usos agrícolas.

Según datos estadísticos de 1969, la producción de estos yacimientos de azufre llegó a las 112.195 ton. de fino y se obtuvieron 12.122 ton. contenidas en el ácido sulfúrico fabricado por la gran Minería del Cobre, utilizando como materia prima, el anhídrido sulfuroso proveniente de la tostación de piritas y de la recuperación de los convertidores, el cual cubrió las necesidades propias (1).

(1) Sánchez, J., (1870). Estado actual de la minería del azufre en Chile. Trab. presentado a la 2ª Convención de Geólogos de Chile. La Serena.

Estudios preliminares realizados en los yacimientos de Aucanquilcha y Oyahue, mostraron cubicaciones probables del orden de 40 millones de ton. de mineral con ley superior al 33 o/o, y del orden de 15 millones de toneladas, con leyes superiores al 40 o/o, respectivamente.

Entre los años 1967 y 1968, CORFO creó el Comité para la Producción del Azufre, el cual solicitó al IIG la evaluación sistemática de los yacimientos de azufre ubicados entre el límite con el Perú y la latitud de la ciudad de Chillán. Los resultados de estos estudios fueron satisfactorios y un 50 o/o de las azufreras arrojaron resultados positivos. Los estudios fueron suspendidos en 1969.

Pese a esto, en 1968 se debieron importar 35.365 ton. de azufre, por un valor de US\$ 2.054.199. El valor actual de las importaciones asciende a casi los US\$ 3.000.000 anuales.

Este contrasentido se explica porque la industria extractiva del azufre debe afrontar numerosos problemas, entre ellos: 1) la desfavorable ubicación de las azufreras (generalmente a más de 5.000 m. de altura y muy alejados de los centros de consumo). 2) Las labores de explotación se realizan a mano, porque las condiciones climáticas, debidas a la ubicación geográfica, dificultan el funcionamiento de la maquinaria. 3) El sistema de beneficio del mineral que se usa, sólo permite el aprovechamiento de caliches de alta ley; y 4) El precio del mineral (actualmente de aproximadamente US\$ 35.— la tonelada) no cubre los costos de explotación, beneficios y transporte, con los actuales sistemas.

Yacimientos de Valdivia.

El depósito más conocido de la región es el lugar denominado "Las Azufreras" (40°32' Lat. Sur y 72°09' Long W.) en donde existe una gran actividad volcánica póstuma que se demuestra por la presencia de numerosas fuentes termales y un gran número de sofataras activas y extintas, las que han dado origen a depósitos de azufre interestratificado con material piroclástico. El yacimiento está cubierto por un manto de pómez de 0.5 a 1.5 m. de espesor, producto de la última erupción volcánica, ocurrida en mayo de 1960. (1).

A 2 km. de "Las Azufreras" en dirección W-SW, se encuentra el cráter de "El Azufra" (40°32'42" Lat. S. y 72°10'00" Long. W). el cual tiene un diámetro aproximado de 500 m. y pertenece al grupo volcánico del Puyehue. En el interior del cráter se presenta abundante cantidad de azufre, producto de la actividad solfatárica posterior a la erupción volcánica del año 1960, que podría llegar a constituir un yacimiento (Sr. Hugo Moreno, inf. verbal).

Es recomendable efectuar un reconocimiento detallado de la zona y realizar sondeos a fin de determinar la extensión y potencia de los mantos de azufre, los cuales pueden constituir un yacimiento económicamente explotable, en atención a su favorable ubicación geográfica.

(1) Katsui, Y. y Katz, H., (1967). Lateral Fissure eruptions in the Southern Andes of Chile. Sapporo, Japan, Reprints from Journ, Fac. Sc. Hokkaido Univ. Series IV, Geol. and Min., Vol. XIII, Nº 4.

Perspectivas de Desarrollo.

Podemos señalar que en la provincia de Valdivia existen varias azufreras que contienen mineral de buena calidad. Las principales están ubicadas en el centro volcánico del Puyehue, lo que ya presenta las ventajas de la poca altura y la facilidad en el acceso. En efecto el volcán Puyehue tiene 2.240 m. y los depósitos de azufre están ubicados a no más de 10 km. del camino internacional a la Argentina.

Por consiguiente, sería de sumo interés efectuar un estudio de factibilidad para la explotación de estos yacimientos, cuyo mineral podría ser empleado para la agricultura y la industria de la zona sur del país.

2.2.4. Carbón.

Mineralogía.

Los carbones son rocas sedimentarias biolíticas, formadas a partir de sedimentos orgánicos de origen vegetal, que han sufrido un enriquecimiento en carbono.

Desde el punto de vista técnico, se clasifican en 4 tipos:

- 1.— **Turba.**— Corresponde al carbón más joven. Es de color negro a café. Se puede observar en él la estructura de los vegetales de los cuales se ha originado. Tiene una elevada proporción de agua y la densidad es cercana a 1.
- 2.— **Lignito.**— Es de color café a negro. Aún se observan en él pequeños restos de vegetales. La proporción de carbono es mayor que en la turba. El contenido de agua es relativamente alto y la proporción de volátiles es mayor del 50 o/o.
- 3.— **Hulla.**— Es el tipo de carbón más importante como combustible, tanto por su poder calorífico, como por sus posibilidades de coquificación. Comunmente presenta estructura en fajas y casi no es posible reconocer los vegetales que le dieron origen. La densidad varía entre 1.2 y 1.5. El contenido de agua es de 2 a 7 o/o y tiene menor proporción de volátiles que los lignitos. La "hulla parda" tiene un poder calorífico menor de 6.500 cal. y la "hulla negra" o carbón de piedra, tiene un poder calorífico mayor de 6.500 cal.
- 4.— **Antracita.**— Corresponde a una variedad de hulla con un alto poder calorífico, Pobre en volátiles y de densidad 1.7. Representa el estado más avanzado de carbonificación.

Usos.

El principal uso de la hulla es como fuente de calor y energía. Aproximadamente el 80 o/o de la producción mundial se utiliza como combustible (usos domésticos, transporte, producción de electricidad, etc.) y un 20 o/o en la industria siderúrgica y en la fabricación de gas. De la hulla que se emplea para la fabricación del coque, se obtienen una serie de subproductos: gas, alquitrán, aceites ligeros, amoníaco, etc.

Debido a sus propiedades: alto poder calorífico, poca producción de humo y encendido lento, la antracita se emplea casi exclusivamente para calefacción.

Geología.

El carbón se forma principalmente a partir de la celulosa y de la lignina de los vegetales, mediante el proceso de carbonización que consiste en una serie de reacciones anaerobias bajo aguas estancadas (pantanos, lagunas, deltas, etc.) carentes de oxígeno, en la que se desarrolla una abundante flora bacteriana que provoca la descomposición de los hidratos de carbono. El proceso consiste en el desprendimiento de anhídrido carbónico y metano (gas de los pantanos) y enriquecimiento en carbono.

Los restos de vegetales, a partir de los cuales se forma el carbón, se acumulan por procesos de sedimentación, ya sea en el mismo sitio donde se desarrolló el bosque (yacimientos autóctonos) o en otro lugar, previo transporte por las aguas continentales (yacimientos alóctonos). Luego se despositan encima sedimentos clásticos que dan origen a suelo, en el que se puede desarrollar una nueva cubierta vegetal. Al producirse un hundimiento de la cuenca, ésta se inunda provocando la muerte y descomposición de los vegetales y puede reiniciarse el ciclo sedimentario. De ahí que en los yacimientos carboníferos, se encuentren las capas de carbón intercaladas con otras capas sedimentarias: areniscas, pizarras, lutitas, etc. Por repetición del ciclo sedimentario pueden aparecer varias capas de carbón superpuestas en una misma cuenca carbonífera.

En Chile se encuentran hullas o carbones pesados en las provincias de Concepción y Arauco, los que se han explotado en los yacimientos de Lota, Schwager, Plegarias, Nueva Aurora, Victoria de Lebu, Colico Sur, Pilpilco y San José.

Los lignitos o carbones livianos se distribuyen en las provincias de Valdivia, Osorno, Llanquihue y Magallanes y se explotan en las minas de Catamutún, Isla Riesco, Porvenir, Loreto, etc.

Turbas se encuentran en el valle del río Aconcagua y en la provincia de Magallanes; y Antracitas en la zona de Copiapó y en la provincia de Curicó, pero hasta el momento carecen de importancia económica.

Desde el punto de vista geológico, los principales carbones chilenos son de edad Cretácico Superior y Terciario, y están asociados a series en que alternan sedimentos marinos y continentales. Los carbones de la provincia de Valdivia son de edad Terciaria.

Aspectos Técnicos y Económicos.

A excepción de unos pocos yacimientos carboníferos que pertenecen a particulares (Nueva Aurora, Catamutún, Loreto, Santa Rosa, Caupolicán y otros de la provincia de Magallanes) y que en conjunto producen aproximadamente 70.000 ton. de carbón al año, la totalidad del resto de los yacimientos chilenos pertenecen al Estado; siendo CORFO la propietaria de las acciones.

Los principales yacimientos que actualmente están en producción son: Lota-Schwager (prov. de Concepción); Colico Sur, Victoria de Lebu y Pilpilco (prov. de Arauco); Catamutún (Prov. de Valdivia); y Loreto y Caupolicán (Prov. de Magallanes).

En 1969 se produjeron 1.558.424 ton. de carbón, distribuidas por provincia en la siguiente forma: Concepción: 1.320.895 ton.; Arauco: 314.570 ton.; Valdivia: 27.883

ton. y Magallanes: 40.616 ton. Se exportaron 1.018 ton. de carbón por un valor de US\$ 37.565. (1).

Las reservas chilenas de carbón, de acuerdo a datos de la Geografía Económica de la CORFO, serían las siguientes (en millones de toneladas):

Provincia	Probado	Probable	Posible (Superficie)
Concepción	35	45	Submarino
Arauco	37	58	2.000 km ²
Valdivia	2	5	2.000 "
Magallanes	350	3.300	15.000 "

a las que habría que agregar las reservas de las provincias de Llanquihue y Osorno, con una superficie de 3.000 km².

El desplazamiento que ha sufrido el carbón al introducirse el petróleo como principal combustible, sumado a la mala calidad de los carbones chilenos, ha traído como consecuencia, en el transcurso de los últimos años, un cierre de numerosas faenas carboníferas. De manera que, la industria extractiva del carbón, en nuestro país, se mantiene casi exclusivamente para evitar una paralización de faenas que redundaría en un problema social en las zonas carboníferas.

En efecto, en 1968 trabajaban en la industria carbonífera 11599 personas (obreros y empleados) y se calcula que en la provincia de Arauco viven de esta industria entre 90.000 y 100.000 personas. (2).

Yacimientos de Carbón de la Provincia de Valdivia.

En esta provincia existen mantos de carbón que se asocian a series sedimentarias continentales del Terciario y que han dado origen a yacimientos carboníferos de poca importancia. En efecto, existen dos cuencas carboníferas: la de San José de la Mariquina-Máfil, a la cual corresponde la Mina Los Copihues de Pupunahue y la cuenca de Catamutún, cerca de La Unión.

La primera cuenca (3) tiene un buzamiento hacia el NW, con una potencia de aproximadamente 180 m. Sobre las rocas del Basamento Cristalino se encuentra una arenisca arcillosa y sobre ésta una arenisca poco cementada que contiene algunas concreciones de cal con restos de plantas y, a veces, moluscos de agua dulce. Intercalados en la arenisca se presentan tres mantos de carbón, con una potencia que varía entre 2,5 y 7 m. Finalmente sobreyace una arcilla de color claro y plástica que posee cualidades bentónicas. En dirección a Máfil, se sobreponen los estratos marinos de Navidad, caso que se repite también en la cuenca de Catamutún. Cabe destacar que, en esta última, el carbón es de mejor calidad.

La mina Los Copihues de Pupunahue está ubicada en el fundo San Sebastián de Pupunahue, al norte del pueblo de Antilhue. El carbón se presenta en forma de mantos

(1) Chile, Ministerio de Minería, Servicio de Minas del Estado. 1969. Anuario de la Minería de Chile.

(2) Dávila, A., (1970). El Carbón. Trab. presentado a la 2ª Convención de Geólogos de Chile. La Serena.

(3) Illies, H., 1970. Op. cit.

lenticulares intercalados en areniscas arcillosas de la formación Estratos de Pupunahue (Oligoceno, Mioceno). La profundidad de dichos mantos varía entre 50 y 60 m. hasta cerca de 180 m. El yacimiento pertenecía a la Cía. Carbonífera Los Copihues de Pupunahue y posteriormente fue adquirida por la CORFO. Debido a problemas con el sistema de explotación y de colocación del producto, la mina trabajó a pérdida hasta fines de 1965, fecha en que la CORFO, resolvió liquidar la sociedad, para lo cual se formó una Junta Liquidadora. La explotación se llevó sólo hasta un máximo de 100 m. de profundidad lo que permitió mejorar las condiciones económicas de producción, cancelar las deudas y lograr las paralizaciones, en 1967, contemporáneamente con el agotamiento del yacimiento.

La mina Catamutún, de propiedad de la Cía. Carbonífera San Pedro de Catamutún, está ubicada 20 km. al N. de la ciudad de La Unión y a aproximadamente 8 km. al W del cruce Santa Elisa (camino antiguo Valdivia-La Unión). Trabaja ininterrumpidamente desde 1946. Los mantos de carbón están asociados a areniscas arcillosas, lutitas marinas, arcillas, etc. de la serie sedimentaria Estratos de Catamutún (Oligoceno). El espesor de los mantos es de aproximadamente 3 m. y la explotación se hace hasta 50 m. de profundidad. En el yacimiento existe una arcilla que entre los 70 y 80 m., por efecto de la presión, se torna plástica, de modo que no es posible trabajar a profundidades mayores.

Un análisis del carbón de este yacimiento, efectuado por Chiprodal S.A., en 1969, arrojó los siguientes resultados:

Humedad (secado al aire)	12,24 o/o
Humedad (secado a 105°C)	11,97 o/o
Poder calorífico	4.650 cal.

Cabe destacar que la calidad del carbón de la prov. de Valdivia es muy similar a la de los carbones magallánicos (carbones livianos), con un poder calorífico de alrededor de 4.500 cal. y que en estado natural no resiste stock ni flete, debido a que entra en ignición espontánea.

A continuación se da un cuadro comparativo de la producción de carbón de la provincia de Valdivia, correspondiente a los últimos 9 años:

AÑO	LOS C. DE PUPUNAHUE (ton.)	CATAMUTUN (ton.)	TOTAL (ton.)
1961	11.234	22.395	33.629
1962	8.843	22.705	31.548
1963	8.436	22.079	30.515
1964	9.875	23.392	33.267
1965	11.072	19.589	30.661
1966	11.452	19.731	31.183
1967	8.694	14.513	23.207
1968		19.556	19.556
1969		27.833	27.833

El 40 o/o de la producción se vende a las plantas lecheras: Colún y Chiprodal; el resto se entrega para uso doméstico e industrial: Hotel Pedro de Valdivia, Industria Kunstman, Impregnadora de Maderas (IMPREMAR), Fca. de Papeles y Cartones, Fca. de ladrillos de Osorno, etc.

La mina de Catamutún actualmente da trabajo a 170 obreros y 12 empleados.

Perspectivas de Desarrollo.

Las perspectivas de incremento de la industria carbonífera de Valdivia, están limitadas por la calidad del producto y por la demanda interna de la provincia, es decir que, en las condiciones actuales, aunque se aumentara la producción de la Mina Catamutún, este producto tendría difícil colocación fuera de la zona.

En el cuadro de producción se puede observar que durante el período en que el yacimiento de Pupunahue estaba en actividad, la producción de la provincia no aumentó, sino que más bien se mantuvo a costa de una disminución en la productividad de la mina Catamutún.

2.2.5. Diatomita.

Propiedades Físicas.

La diatomita o kieselguhr se presenta en la naturaleza en forma de agregados porosos, livianos, finamente granulados, de colores claros y su textura varía de deleznable a compacta. Cuando el material está puro el peso específico es entre 0.13 y 0.50 y flota en el agua hasta su saturación. La dureza varía entre 1.0 y 1.5. El color, en estado puro puede ser blanco, crema o rosado; en estado impuro: rojizo, marrón o gris. Es opaco y tiene aspecto terroso. Además es insoluble en los ácidos, con excepción del ácido fluorhídrico.

Usos.

Entre sus principales aplicaciones se pueden señalar las siguientes: filtros de agua potable, de vinos, de alcoholes y de petróleo; carga de pintura, aislante térmico y de ruidos; antiaglomerante de abonos y pesticidas; abrasivo; en la fabricación de cemento puzolánico; de absorbentes diversos, etc. Además se ha descubierto últimamente que absorbe la radioactividad contaminada al agua.

Las propiedades de la diatomita no sólo dependen de la agrupación de las diatomeas sino también de su estructura individual. La diatomita filtrante tiene un 90 o/o de espacio vacío y es capaz de retener microbios y bacterias.

Geología.

La diatomita, llamada también kieselguhr o Tierra de Diatomeas, está constituida por acumulación de caparzones (crústulas) de diatomeas. Las diatomeas son

microorganismos planktónicos unicelulares de la familia de las algas, que segregan caparazones constituídas por sílice amorfa. Una vez que mueren estos microorganismos caen al fondo del agua y de ese modo se acumulan las crústulas, formando capas o mantos, a veces de gran espesor. El tamaño de cada individuo varía entre 10 y 100 micrones. Actualmente se conocen más de 12.000 formas diferentes de caparazones y aunque estos organismos se conocen desde el Terciario Superior, las formas actuales son idénticas, o sea, no han sufrido evolución desde esa época (aproximadamente 25 millones de años).

Se reproducen por subdivisión una vez al día, de modo que un solo individuo puede dar origen a 1.000 de ellas, en el espacio de un mes. En las aguas cargadas de nutrientes, especialmente en las regiones antárticas, proliferan en gran cantidad comunicándole al agua un color amarillento. Pueden ser de origen marino o continental (lacustres) lo cual no cambia sus propiedades ni su valor comercial.

Los yacimientos chilenos más importantes se formaron al término del Mioceno y comienzos del Pleistoceno, cuando la actividad volcánica proporcionó aguas enriquecidas en sílice, combinado con condiciones favorables de luz solar y alimento para las plantas.

Los depósitos de diatomita se encuentran ampliamente distribuidos a través de todo el país y el material se presenta en forma de capas secas, compactas, mezcladas a menudo con materia orgánica y cloruro de sodio o bien, intercaladas entre materiales de origen volcánico como en las localidades elevadas del norte. Cerca de la costa se los encuentra en el fondo y contornos de lagunas formando mantos, a veces húmedos y de edad más moderna; intercalados entre capas de arcilla, limo, arena, etc. En el sur del país se presentan asociados a sedimentos de origen postglacial y las capas que los cubren están constituídas por material de acarreo fluvial o suelo.

Aspectos económicos y técnicos.

Las principales cualidades que se utilizan de la diatomita son: porosidad, poder de absorción (hasta 4 veces su peso), baja densidad (peso específico aparente 0.13 a 0.50), alto punto de fusión (1.500°C), inercia química, elasticidad, baja conductividad térmica y alto poder de recubrimiento. Dichas cualidades hacen que este material tenga numerosas y variadas aplicaciones.

Un análisis típico de diatomita natural desecada es el siguiente:

SiO ₂	86,8 o/o	Fe ₂ O ₃	1,6 o/o
Al ₂ O ₃	4,1 o/o	MgO	0,4 o/o
CaO	1,7 o/o	Varios	0,8 o/o
		Pérdidas	4,6 o/o

La extracción de la diatomita no presenta dificultades técnicas; generalmente se hace a tajo abierto ya que los yacimientos están constituídos por capas horizontales o casi horizontales ubicadas a poca profundidad. Esto permite eliminar fácilmente la sobrecarga y mecanizar la explotación con lo que se disminuyen los costos.

La preparación del mineral, previa a su procesamiento metalúrgico, consiste en: 1)

Eliminar la humedad, que a veces llega hasta un 50 o/o y 2) Eliminar el cloruro de sodio, especialmente en el caso de las diatomitas chilenas.

La producción chilena de diatomita es muy reducida; existen sólo 2 pequeñas plantas con una producción muy irregular, que fluctúa entre 500 y 1.000 ton. anuales (en 1969 fue de 600 ton.). La Cía. Minera Nacional, en las Minas Las Veguillas, Recinto (Prov. de Ñuble) trabaja desde 1959. La Sociedad de Linao explota unos yacimientos en Chiloé desde 1952 y la planta produce alrededor de 500 ton. anuales que vende a la IANSA, a la Cía Cervecerías Unidas y a Agar-Agar.

Las importaciones de este material se hacen principalmente desde EE.UU y Méjico y son del orden de las 500 ton. anuales, lo que corresponde a un valor cercano a los US\$ 70.000.

Considerando el reducido mercado interno de este material y las pocas posibilidades de entrar a competir en el mercado internacional debido al alto costo de los fletes, no se justifica la instalación de más plantas de beneficio en nuestro país.

Yacimiento de Diatomita de Valdivia.

En la comuna de Panguipulli, a unos 7 km. al NE del pueblo de Panguipulli, existe un depósito de diatomita constituido por un manto horizontal de 1.0 a 1.5 m. de potencia que se extiende por debajo de Las Vegas de Futanome (antigua Hacienda Posdahue). La superficie que ocupa este manto es del orden de 80 a 100 Hás., el yacimiento contendría unos 400.000 m³ de mineral (1)

El análisis de 2 muestras de diatomita dio la siguiente composición:

	Muestra 1	Muestra 2
SiO ₂	72,96	73,24
Al ₂ O ₃	11,04	11,59
Fe ₂ O ₃	2,34	2,01
CaO	0,80	0,74
MgO	indicios	indicios
TiO ₂	0,40	0,25
K ₂ O+Na ₂ O	2,38	3,00
Pérdida al rojo	9,68	9,20

La génesis de este depósito posiblemente se deba a la proliferación de diatomeas en una laguna post-glacial. La sílice necesaria para la construcción de las crústulas puede haber sido aportada al agua por los procesos volcánicos, de gran intensidad en aquella época.

Este yacimiento fue estudiado por Simian, E. (2) pero no fue explotado nunca y las pertenencias están caducadas. La Hacienda Posdahue, donde se encuentra el depósito, en la actualidad está subdividida y los terrenos sobre el yacimiento se explotan en ganadería.

(1) Vila, T., 1953. Op. cit.

(2) Simian, E. (1941). Informe sobre el yacimiento de Kieselguhr de Futanome. Inf. inéd.

Perspectivas.

Aunque las condiciones geológicas de la región son favorables para la existencia de depósitos de diatomita, no se justifica actualmente realizar una prospección detallada. La diatomita tiene un reducido mercado interno y pocas posibilidades de competir en el mercado internacional debido a su gran distribución geográfica, su precio relativamente bajo y a la alta standarización y calidad de la diatomita tratada que ofrecen los principales abastecedores mundiales.

La diatomita necesita un tratamiento térmico y químico previo para acentar sus propiedades físicas. Este tratamiento debe efectuarse en plantas que necesiten operar con un tonelaje mínimo adecuado. Si se considera el escaso consumo del país no se puede pensar en la factibilidad de contar con varias plantas, sino a lo sumo con una o dos de ellas, las que deben estar cerca de los principales yacimientos. De ahí que la construcción eventual de una planta en Valdivia sea actualmente injustificable.

2.2.6. Talco.

Mineralogía.

El talco es silicato de magnesio hidratado. En estado puro el color es blanco, plateado o verdoso. La dureza es 1 a 1.5 de la escala de Mohs; peso específico es 2.75; es untuoso o grasoso al tacto.

Las principales impurezas que lo acompañan son cuarzo, calcita, dolomita y oxidó de hierro.

Los esquistos talcosos son el producto del metamorfismo de rocas ígneas ferromagnesianas.

En el comercio a veces se venden otros materiales que son semejantes al talco por su untuosidad y por el color. En Chile, se venden, además del talco verdadero, algunos silicatos como la caolinita, la pirofilita, la cimita, etc.

Usos.

Los principales usos son como carga en la fabricación del papel, pinturas, caucho, masilla, linóleo, telas impermeables, goma de marcar, etc. Preparación de grasas lubricantes y de productos farmacéuticos: medicamentos y perfumería. En la fabricación de ciertos tipos de loza, material cerámico semivítreo, etc.; de apresto para textiles. Como absorbente en la industria de explosivos, perfumes y colores orgánicos. Como diluyente de polvos insecticidas, etc.

Geología.

Los depósitos comerciales de talco y esteatita se hallan en intrusiones ultrabásicas metamorfoseadas o en calizas dolomíticas. De modo que están restringidas a las zonas metamórficas, y confinadas en gran parte al precámbrico. El talco de mejor calidad

procede de las calizas dolomíticas metamorfoseadas y generalmente está asociado a tremolita, actinolita y minerales relacionados con éstas. Los depósitos son generalmente lenticulares y en capas.

Aspectos Técnicos y Económicos.

El talco se explota principalmente por labores subterráneas y a veces en cantera; la selección del mineral se hace por el color el cual indica el grado de pureza. El beneficio consiste esencialmente en moler y ventilar el material. La parte más complicada del beneficio lo constituye la molienda puesto que, para ciertos usos, ésta debe ser muy fina. La molienda se hace por vía seca pero el talco también es susceptible de flotarse.

En cuanto a las especificaciones, cada industria consumidora requiere de material de determinada calidad, grado de molienda, etc. La importancia de la composición química es relativa, puesto que lo que tiene mayor incidencia, son las propiedades físicas: color, tamaño del grano, untuosidad, etc.

En Chile se conocen yacimientos de talco en la zona de la cordillera de la Costa, entre las provincias de Curicó y Valdivia, aunque también se conoce su existencia en las provincias de Atacama y Coquimbo.

Los principales países productores de este mineral son: EE.UU., Corea, Francia, Italia, Austria, Canadá, España, China, India, Noruega y Suecia. La producción mundial pasa de las 800.000 ton. anuales, de las cuales la mitad proceden de EE.UU. (1).

La producción chilena en 1969 fue de 809 ton. Además se importa talco en colpas y en polvo de EE.UU., Francia, Italia, Inglaterra, etc. En los últimos 3 años estas importaciones fueron del orden de:

Año	Ton	US\$
1967	213	21,100
1968	270	38.155
1969	602	53.066

Los principales consumidores de talco del país son las industrias de la goma, del papel, de la pintura y en medicina y perfumería.

Yacimientos de Valdivia.

El único yacimiento de talco que se encuentra en explotación en esta provincia es la Mina Erika, ubicada en el pueblo de San Carlos, 5 km. al W. del puerto de Corral. El talco y la serpentina de este depósito, se habrían originado de las rocas básicas, peridotitas a serpentinitas, intercaladas en las pizarras micáceas del Basamento Cristalino. Los yacimientos de talco se encuentran en zonas cercanas a la superficie y al parecer deden su formación a la influencia de la meteorización (2).

El material más frecuente es una serpentina de color gris verdoso, generalmente

(1) Bateman, A., (1957). Yacimientos minerales de Rendimiento Económico. Barcelona, Ed. Omega.

(2) Illies, H., 1970. Op. cit.

marmorizada, que molida produce un polvo muy suave, color blanco ligeramente grisáceo. Además existen 2 variedades de talco: uno color verde oscuro y otro de color blanco.

El análisis químico de una muestra de estos materiales arrojó los siguientes resultados (1).

SiO ₂	60,04 o/o
FeO	4,30 o/o
Al ₂ O ₃	3,83 o/o
MgO	27,70 o/o
H ₂ O	4,80 o/o

La mina tiene una producción de poco más de 30 ton. mensuales, las cuales se venden para la fabricación de papel (entre 20 y 30 ton. mensuales), para fabricar grasa lubricante y para fabricar jabón.

No se conocen las reservas. Según información verbal de su dueño (Sr. Otto Bauer), la producción se podría aumentar a 60 ton. mensuales. Actualmente trabajan 10 obreros en la extracción del mineral.

Perspectivas.

Las perspectivas de desarrollo en la minería del talco están limitadas por el reducido mercado interno. Si bien las condiciones geológicas de la provincia son favorables para la presencia de yacimientos de talco, no se justificaría realizar una prospección específica de este mineral. Es posible, sin embargo, que las futuras prospecciones por cromo y níquel, asociados a rocas ultrabásicas, pogan de manifiesto la presencia de yacimientos de talco relacionados con las mismas rocas, los que naturalmente convendría estudiar en detalle.

3.— CONCLUSIONES

- 3.1. Es posible que la provincia incluya yacimientos de hierro del tipo Mahuilque, los que tendrían interés como reservas a largo plazo. Los yacimientos de manganeso de la provincia son pequeños y de baja ley y su único interés dependería del eventual hallazgo de yacimientos de fierro, del que constituyen un complemento para la industria siderúrgica.
- 3.2 La presencia de intrusivos ultrabásicos hace posible la existencia de mineralizaciones de cromo y níquel. El hallazgo de níquel sería de especial interés por el alto precio y rápido incremento de su consumo mundial.
- 3.3. Los yacimientos de oro de tipo aluvial (placeres) han sido intensamente explotados. Sólo la ubicación de nuevos depósitos de alta ley, mediante métodos geofísicos y geomorfológicos, permitiría la reiniciación de esta actividad minera.

(1) Vila, T., 1953. Op. cit.

- 3.4. En la provincia de Valdivia se conoce un yacimiento de antimonio, el que es necesario estudiar en detalle.
- 3.5. No se conocen depósitos de cobre y, aunque su presencia es bastante probable, el tratamiento de sus minerales obligaría a instalar plantas que requieren un tonelaje mínimo para ser económicamente factibles.
- 3.6. Los depósitos de carbón de la provincia (Pupunahue y Catamutún) han sido objeto de explotaciones irregulares y siguen teniendo sólo importancia local. Es posible que la arcilla asociada a los mantos de carbón tenga interés para la industria cerámica y presente cualidades más favorables que los yacimientos de origen sedimentarios actualmente explotados.
- 3.7 En la provincia hay yacimientos de asbesto y de talco originados por metamorfismo de rocas ultrabásicas. Los primeros son de especial importancia por su posible uso en la industria de pizarreño, la que consume el 90 o/o de las importaciones de asbesto, cuyo costo total es del orden de US\$, 2.000.000.—
- 3.8. El yacimiento de azufre del centro volcánico del Puyehue puede ser valioso para el abastecimiento de la agricultura y de la industria de la zona sur, en especial la de celulosa, por su favorable ubicación geográfica. Por el contrario, el yacimiento de diatomita de las Vegas de Futanome no presenta actualmente interés.

A n e x o . I

UBICACION DE YACIMIENTOS

MINERALES.

A n e x o . I I

F I C H A S D E Y A C I M I E N T O S

M I N E R A L E S .

YACIMIENTOS DE ANTIMONIO

N.o 1

Substancia: Antimonio **Yacimiento:** Los Joaquines.
Propietario: Cía. Minera Los Joaquines
Estado Legal: San Joaquín 1-100 (500 Hás.)
Ubicación: Ribera S. del río Futa y al E del estero Las Minas
Comuna: Corral
Altura: 200 m.s.n.m.
Coordenadas: 39°56'5" Lat. S. y 73°12' Long. W.
Acceso: Aproximadamente a 15 km. de Valdivia por vía fluvial.
Geología: Lentes aislados de tamaño inferior a 50 cm. con cristales de estibnita y cuarzo en micaesquistos del Basamento Cristalino.
Producción: En exploración.
Información: Informe Instituto de Investigaciones Geológicas.
Encuesta: F. Lillo.

YACIMIENTOS DE MANGANESO

N.o 2

Substancia: Manganeso **Yacimiento:** Santo Domingo
Propietario: Camilo y Ricardo Barahona Pérez
Estado Legal: Sando Domingo 1-100 (500 Hás.)
Ubicación: Lado E. camino longitudinal S., 15 km. al S. de ciudad de Valdivia.
Comuna: Valdivia.
Coordenadas: 39°53.2" Lat. S. y 73°08.6' Long. W.
Acceso: Por camino longitudinal S.
Geología: Pirolusita asociada a un manto de cuarcita de rumbo N 30° W/20°-25°NE, del Basamento Cristalino.
Producción: Paralizada.
Información: Informe Inst. de Investigaciones Geológicas.
Encuesta: F. Lillo.

Substancia: Manganeso **Yacimiento:** Isabel **N.o 3**
Propietario:
Ubicación: 2 ó 3 km. al S. del río Futa y a 10 millas al S. de ciudad de Valdivia.
Comuna: Corral.
Coordenadas: 39°57.4' Lat. S. y 73°11.3' Long. W.
Acceso: Por vía fluvial.
Geología: La pirolusita se presenta en capitas de cuarzo de 5 a 25 cm. de espesor, de rumbo N 55°E/35°SE, asociadas a micaesquistos del Basamento Cristalino.
Producción: Paralizada.
Información: Informe Inst. de Investigaciones Geológicas.
Encuesta: F. Lillo.

Substancia: Manganeso **Yacimiento:** Bellavista **N.o 4**
Propietario: Camilo y Ricardo Barahona
Estado Legal: Bellavista 1-200 (1.000 Hás.)
Ubicación: 2 ó 3 km. al S. del río Futa y 2 km. al E del puerto Los Joaquines.
Comuna: Corral
Coordenadas: 39°57.4' Lat. S. y 73°12' Long. W.
Acceso: Por vía fluvial.
Geología: La pirolusita y la rodonita están asociadas a una capa de 25 cm. a 2 m. de espesor de cuarcita blanca, intercalada en micaesquistos grises de rumbo N 70°E y buzamiento cercano a la horizontal, correspondientes al Basamento Cristalino.
Producción: Paralizada.
Información: Informe del Inst. de Investigaciones Geológicas.

Substancia: Manganeso **Yacimiento:** Piedra Negra **N.o 5**
Propietario:
Ubicación: Meseta costado río Futa, alrededor de 5 km. al W. de Bellavista y aproximadamente 12 km. al S. de la ciudad de Valdivia.
Comuna: Corral
Coordenadas: 39°57.4' Lat. S. y 73°17.30' Long. W.
Acceso: Por vía fluvial.
Geología: La pirolusita se presenta en capas de cuarcita gris de rumbo N 75°E/15°NW a horizontal, intercalada en micaesquistos del Basamento Cristalino.
Producción: Paralizada.
Información: Informe Inst. de Invest. Geológicas.
Encuesta: F. Lillo.

YACIMIENTOS DE ORO

N.o 6

Yacimiento: El Roble **Substancia:** Oro
Propietario: Cía. Minera El Roble
Ubicación: Aprox. 15 km. al SE de la estación Mailef. Valle del río Ñiaque.
Comuna: Máfil
Altura: 200 m.s.n.m.
Coordenadas: 39°39' Lat. S. y 72°50' Long. W.
Acceso: Camino de tierra desde el pueblo de Máfil.
Geología: Yacimiento tipo placer de origen fluvial. El manto aurífero está constituido por un material arenoso de color azulejo con trozos de esquistos mecáceos. El material proviene de la disgregación de las rocas del Basamento Cristalino.
Producción: Paralizado.
Información: Informe inédito ENAMI
Encuesta: F. Lillo.

Yacimiento: Madre de Dios. **Substancia:** Oro **N.o 7**
Propietario:
Ubicación: Valle del río Llipe, 19Km. al E. de la Estación de FF.CC. de Ciruelos.
Comuna: Máfil.
Coordenadas: 39°36' Lat. S. y 72°45' Long. W.
Acceso: a 19 km. de la estación de FF.CC. de Ciruelos, por camino de tierra.
Geología: Yacimientos de tipo placer de origen fluvial. Los mantos auríferos están constituidos por rodados de pizarra y cuarzo cementado por arena y arcilla, depositado en una circa de pizarra perteneciente al Basamento Cristalino.
Producción: Paralizado.
Información: Informe inédito ENAMI
Encuesta: F. Lillo.

Yacimiento: Purulón **Substancia:** Oro **N.o 8**
Propietario: Cía Aurífera Purulón
Ubicación: Fondo Hueima Lanco, 14 km. al SE de la estación de FF.CC. de Lanco.
Comuna: Lanco
Coordenadas: 39°29' Lat. S. y 72°39' Long. W.
Acceso: Camino de tierra desde Estación de FF.CC. de Lanco.
Geología: Yacimiento de tipo placer
Producción: Paralizada
Información: Informe inédito ENAMI.

Yacimiento: Juanito **Substancia:** Oro **N.o 9**
Propietario: Cía Manufacturera Juanito Ltda.
Ubicación: 52 km. al NE de la estación de Los Lagos, camino a Panguipulli (Fdos. Cudaco, Lumaco, Petrán, Linguifiño y Ñancul).
Comuna: Los Lagos.
Coordenadas: 39°42' Lat. S. y 72°41' Long. W.
Acceso: Por camino ripiado.
Geología: Yacimiento tipo placer. El manto está constituido por sedimentos provenientes, posiblemente de la destrucción de antiguas morrenas apoyadas en los cerros Tralcán y Quilahuentrú. Contiene rodados de granitos, pórfido, etc.
Producción: Paralizada
Información: Informe inédito ENAMI.

YACIMIENTOS DE ARCILLA

N.o 10

Yacimiento: Ciruelo **Substancia:** Caolín
Propietario:
Ubicación: 2 km. al W. del camino longitudinal, frente a la estación de Ciruelos.
Comuna: San José de la Mariquina.
Coordenadas: 39°31' Lat. S. y 72°52' Long. W.
Acceso: Camino de tierra desde el camino longitudinal.
Geología: Yacimientos de origen sedimentario
Producción: Ocasional.
Encuesta: F. Lillo.

Yacimiento: Las Lomas **Substancia:** Caolín **N.o 11**
Propietario:
Ubicación: Fundo Las Lomas, 6 ó 7 Km. al SW del pueblo de Máfil.
Comuna: Máfil
Coordenadas: 39°41' Lat. S. y 73°01' Long. W.
Acceso: Camino ripiado Máfil-Malihue
Geología: Yacimientos de origen sedimentario.
Producción: Ocasional
Encuesta: F. Lillo.

Yacimiento: Quitaluto **Substancia:** Arcilla **N.o 12**
Propietario:
Ubicación: 1 km. al SE del cruce entre el camino nuevo a Corral y la entrada al fundo Quitaluto.
Comuna: Corral
Coordenadas: 39°53' Lat. S. y 73°28' Long. W.
Acceso: Camino nuevo a Corral.
Geología: Manto casi vertical de aproximadamente 4 m. de potencia, originado por la alteración de 1 dique de pórfido diorítico.
Producción: Paralizada.
Información: T. Vila, 1963.
Encuesta: F. Lillo.

YACIMIENTO DE AZUFRE

Yacimiento:	Las Azufreras	Substancia: Azufre	N.o 16
Propietario:			
Ubicación:	En los nacimientos del río Nilahue, 23 km. al NE de las Termas de Puyehue y 12 km. al N de Anticura, lugar ubicado en el camino internacional Osorno-Puyehue.		
Comuna:	Río Bueno y Lago Ranco.		
Coordenadas:	40°32' Lat. S. y 72°09' Long. W.		
Acceso:	Caminó tropero desde el caserío de Riñinahue (37 km) y desde el pueblo de Puyehue (20 km.)		
Geología:	Depósitos de azufre interestratificado con material piroclástico, producto de la actividad solfatárica.		
Producción:	Inactivo		
Información:	Sr. Hugo Moreno R.		

YACIMIENTOS DE CARBON

Yacimiento:	Los Copihues de Pupunahue	N.o 17
Substancia:	Carbón	
Propietario:	CORFO	
Ubicación:	Fundo San Sebastián al N del pueblo de Antilhue	
Comuna:	Máfil.	
Coordenadas:	39°47' Lat. S. y 72°56' Long. W.	
Acceso:	Por camino de tierra desde el pueblo de Antilhue.	
Geología:	Mantos lenticulares de carbón, intercalados en areniscas arcillosas de la formación Estratos de Pupunahue.	
Producción:	Agotado.	
Información:	Sr. René Lara M.	
Encuesta:	F. Lillo.	

Yacimiento:	Catamutún	Substancia: carbón	N.o 18
Propietario:	Cía. Carbonífera San Pedro de Catamutún		
Ubicación:	20 Km. al N. de la ciudad de La Unión y aproximadamente 8 km. al N. del cruce Santa Elisa (camino antiguo Valdivia-La Unión).		
Comuna:	La Unión.		
Coordenadas:	40°08' Lat. S. y 73°08' Long. W.		
Acceso:	Caminó ripiado desde el cruce Santa Elisa.		
Geología:	Mantos de carbón intercalados con areniscas arcillosas, lutitas marinas, arcillas, etc. de la serie sedimentaria Estratos de Catamutún.		
Producción:	27 a 28 mil ton. anuales.		
Información:	Sr. Guillermo Gans.		
Encuesta:	F. Lillo.		

YACIMIENTO DE DIATOMITA

Yacimiento: Futanome **Substancia:** Diatomita **N.o** 19
Propietario: Pedimento caduco
Ubicación: 6 ó 7 km. al NE del pueblo de Panguipulli, en las vegas de Futanome.
Comuna: Panguipulli.
Coordenadas: 39°36' Lat. S. y 72°22' Long. W.
Acceso: 6 ó 7 km. por camino ripiado de Panguipulli a Central Hidroeléctrica Pullinque.
Geología: Manto horizontal de 1 a 1.5 m. de potencia que se extiende por debajo de las antiguas vegas de Futanome. Está cubierto por una sobrecarga de aproximadamente 0.80 m.
Producción: Inactivo.
Información: T. Vila, 1953.
Encuesta: F. Lillo.

YACIMIENTO DE TALCO

Yacimiento: Erika **Substancia:** Talco **N.o** 20
Propietario: Mitaval (Soc. Minas de Talco de Valdivia).
Estado legal: Lotte 1 a 3 (15 Hás.), Erika 1 a 3 (15 Hás.) y Kekita 1 a 12 (600 Hás.)
Ubicación: Cerca del pueblo de San Carlos, 5 km. al Sur de Corral.
Comuna: Corral.
Coordenadas: 39°51' Lat. S. y 73°26' Long. W.
Acceso: 5 km. por camino de tierra desde Corral.
Geología: El talco y la serpentina de este depósito se habrían originado por metamorfismo de rocas básicas intercaladas en pizarras micáceas del Basamento Cristalino.
Producción: 30 ton. mensuales.
Información: Informe inédito IIG e Inf. verb. Sr. Otto Bauer.
Encuesta: F. Lillo.

B I B L I O G R A F I A

A.— GEOLOGIA REGIONAL

- AGUIRRE, L., B. (1964) "Geología de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cautín, Osorno y Llanquihue" Santiago, Instituto de Investigaciones Geológicas, 1964. 37 p. Bol. N.o 17.
- ALVAREZ, O., (1970) "Estudio Geológico de los yacimientos de hierro de la Cordillera de Nahuelbuta, Provincias de Arauco, Malleco y Cautín". Santiago, Escuela de Geología U. de Chile. Memoria de Prueba, 162 p.
- BRUGGEN, U., (1950) "Geología"
Editorial Nacimiento. 2.a Edición corregida, 1950 510 p.
- BRUGGEN, U., (1950) "Fundamentos de la Geología de Chile" Editado por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) 374 p.
- COFRE, C., (1956) "Erupción del volcán Nilahue" Apartado del vol. 13 de los Anales de la Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile.
- DAVIS, S., KARSULOVIC, J (1961) "Deslizamientos en el Valle del río San Pedro, Provincia de Valdivia, Chile" Santiago, Depto. de Geología, U. de Chile, Publ. N.o 20, 26 p.
- ENRIQUE, A. VILLARROEL, A.P., (1962). "Geología del área de la central hidroeléctrica El Toro, Provincia de Ñuble. Santiago, Escuela de Geología U. de Chile. Memoria de Prueba, 177 p.
- FASOLA Y ASCARATE (1969) "Estudio Palinológico de la Formación Loreto (Terciario Medio). Provincia de Magallanes, Chile. Amegliniana, 6 (1): 3-49.
- GARCIA, F., (1968) "Estratigrafía del Terciario de Chile, Zona Central". Editorial Andrés Bello, Soc.Geol. de Chile, 280 p.
- GONZALEZ F., O., Y VERGARA, M., (1962) "Reconocimiento geológico de la Cordillera de los Andes entre los paralelos 35º y 38º Lat. Sur." Publ. N.o 24 Apartado del vol 19 de los Anales de la Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas. 121 p.
- GONZALEZ F., O. Y KATSUI, Y., (1968) "Geología del área neovolcánica de los nevados de Payachata. Provincia de Tarapacá Depto. de Arica, Santiago, Publ. N.o 29 Depto. de Geología U. de Chile, 63 p. y 14 lám.
- HAUSER, A., (1970) "Geología" Apartado del Tomo II del "Estudio

- integrado de los recursos naturales de la provincia de Cautín. Santiago, Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales (IREN), 72 p.
- HOFFSTETTER, U., (1957) "Lexique Stratigraphique International" Vol. 5, Amerique Latine, Fese. N.o 7 Chile, C.N.R.S. Paris.
- ILLIES K, H., (1960) "Geologie der Gegend von Valdivia, Chile" Stuttgart Neues Jahrb, Geol. Pal. ABH. BD. 11 p. 30-110. Traducido al español por A. Thomas en cuaderno del Instituto de Investigaciones Geológicas (I.I.G.).
- KERR, P.F. (1965) "Mineralogía Optica" 3.a Edición. Traducido por José Huidobro (Ing. de Minas) Mc. Graw Hill Book Company, Inc. New York Toronto London Sydney.
- KLOHN G, C., (1960) "Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central, provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. Santiago, Instituto de Investigaciones Geológicas, 1960. 95 p. (Boletín N.o 8)
- LEVI, B., MEHECH, S.,
MUNIZAGA, F. (1963) "Edades Radiométricas y Petrología de los Granitos chilenos". Santiago, I.I.G. Bol. N.o 12, 42 p.
- LEVI, B., AGUILAR, A.,
FUENZALIDA, R.I (1966) "Reconocimiento geológico en las provincias de Llanquihue y Chiloé", Bol. N.o 19 del I.I.G., 36 p.
- LILLO, F. (1971) "La Minería de la provincia de Valdivia" Inf. inédito; IREN, 75 p.
- MUÑOZ CRISTI, J. (1954) "Sedimentología" Universidad de Chile, Esc. de Ing. Edit. Galcon, 83 p.
- MUÑOZ CRISTI, J. (1957) "Petrografía" "Origen y constitución interna de la tierra, Rocas igneas, Rocas Sedimentarias. Editorial Universitaria EDUGAL.
- MUÑOZ CRISTI, J. (1960) "Contribución al conocimiento geológico de la Cordillera de la Costa de la Zona Central. Santiago, Minerale, 69, 28-47.
- PETTIJOHN, F.J. (1963) "Rocas Sedimentarias" Editorial Eudeba, Buenos Aires, 732 p.
- RUIZ, C., SEGERSTROM
AGUIRRE, L. CORVALAN, J., ROSE,
JR. H. J. STERN, T.W. (1960) "Edades Plomo-Alfa y Marco Estratigráfico de Granitos Chilenos Bol. N.o 7 del I.I.G.
- THOMAS, H. (1958) "Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de la Ligua y la Cuesta de Barriga" Bol. N.o 2 del I.I.G., 1958, 86 p.

- TURNER, F. VERHOOGEN, J. (1963) "Petrología Ignea y Metamórfica" Edición Omega, S.A.
- VILLA, T. (1953) "Recursos Minerales No-Metálicos de Chile". 3.a edición actualizada. Santiago, Chile.
- WETZEL, W. (1958) "Informe sobre Investigaciones efectuadas durante el 2.o semestre de 1958, Valdivia Universidad Austral, Inf. inédito.

B. GEOQUIMICA DEL DRENAJE

- AGUIRRE, L. Y LEVI, B., (1964) Geología de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue, I.I.G. Bol. 17 Stgo. 36 págs.
- DE GRYS, ANN, (1961). Cooper, Lead and Zinc in rivers draining Chilean Andes. Econ. Geol. Vol. 56 pp. 1456-1464.
- HOWKES, H.E. AND WEBB J.S., (1962) Geochemistry in mineral exploration. Ed. Harper and Row. New York. 115 pág.
- LEPELTIER, C., (1959). A dimplified Statistical treatment of geochemical data by graphical representation. Econ. Geol. Vol. 64 pp. 538-550.
- OYARZUN, J., (1966) Estudio geoquímico del drenaje en la región transandina de Aisén. Stgo. IREN. Informe N.o 20, 35 pág.
- TENNANT, C.B. AND WHITE, M.L., (1959) Study of the distribution of some geochemical data. Econ. Geol. Vol. 54 pp. 1281-1290.
- TUREKIAN, K.K. AND WEDEPHOL, K.H., (1961) Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Geo. Soc. Am. Bull. Vol. 72 pp. 175-192.
- VINOGRADOV, A.P., (1962) Average content of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the earth's crust. Geochemistry N.o 7 pp. 641-664.

C.- LA MINERIA

- AGUIRRE, L. y LEVI, B. (1960) Geología de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue. Stgo. I.I.G. Bol. 17, 37 pag.

- ALVARES, O., 1970. Estudio Geológico de los yacimientos de hierro de la Cordillera de Nahuelbuta. Provincia de Arauco, Malleco y Cautín. Stgo. U. de Chile, Depto. Geología, Memoria de Prueba, 2 vol. texto y mapas.
- ARGALL, G., 1970. Nickel in the Pacific. En: World Mining Cal. Vol. 23 N.o 12 pp. 37-66.
- BATEMANN, A., 1957. Yacimientos minerales de Rendimiento Económico. Barcelona, Ed. Omega, 975 pág.
- BRUGGEN, J., 1950. Fundamentos de la geología de Chile. Stgo. Instituto Geográfico Militar, 374 p., 108 fig. 6 f., 1 map. geo.
- CODELCO, 1969. El cobre en el año 2.000. En: Bol. Minero N.o 697. Stgo. Soc. Nac. Minería. pp. 25-40.
- CORFO, 1965. Geografía Económica de Chile. Texto refundido. Stgo. Ed. Universitaria 885 pág.
- D'AUBAREDE, G., 1968. Evaluación de los conocimientos existentes sobre: Asbesto, Bentonita, Boratos, Carbonato de Sosa, Diatomita, Magnesia, Sulfato de Aluminio, Sulfato Sódico y Titanio, Inf. preliminar G. D'Aubarede, N.U. y colab. geológica F. Lillo, IREN-CORFO. Stgo. IREN-CORFO.
- DAVILA, A., 1970. El carbón. Trab. presentado a la 2.a Convención de Geólogos de Chile. La Serena 11 pág.
- DAVILA, R., 1970. La Minería del Hierro en Chile. En: Bol. Minero N.o 698 Stgo. Soc. Nac. Minería. pp. 7-13.
- DIRECCION DE ESTADISTICA Y CENSO
ERICKSEN, G., 1961. Anuario de Comercio Exterior, años 1965 y 66. Ore Deposits of the Cordillera de la Costa of Valdivia-Victoria. Inf. inéd.
- FENNER, R. y SYLVESTER, C., 1936. Informe sobre los carbones situados en las provincias de Valdivia y Chiloé. Stgo. Imp. Nacimiento.
- FLORES, H., 1947. Informe sobre los yacimientos de asbestos de Valdivia. Inf. inéd. 2 pág.
- . Informe sobre los yacimientos de talco y asbestos Leated 1-8. Inf. inéd.
- GARCIA, F., 1968. Estratigrafía del Terciario de Chile, Zona Central. Sociedad Geológica de Chile El Terciario de Chile, Zona Central. Stgo., Ed. Andrés Bello, Soc. Geol. de Chile. 280 p.

- ILLIES, H., 1970 Geología de los alrededores de Valdivia y volcanismo y tectónica en márgenes del Pacífico en Chile meridional. Valdivia. Ed. U. Austral de Chile 65 pág. texto y mapas.
- IZQUIERDO, J., 1970 Contribución de las ciencias geológicas al desarrollo económico. Trab. presentado a la 2.a convención de Geólogos de Chile, La Serena 34 pág.
- KATSUI, Y. y KATS, H., 1967 "Lateral Fissure eruptions in the Southern Andés of Chile". Sapporo, Japan, Reprintes from Journ. Fac. Sc. Hokkaido Univ. Series IV, Geol. and Min., Vol. XIII, N.o 4; pp. 433-448.
- KEMENY, P., 1970 El futuro de la industria del hierro. En: Bol. minero N.o 698. Stgo. Soc. Nac. Minería. pp. 43-49.
- LEIDING, B., 1958 Informe sobre manifestaciones de manganeso en la provincia de Valdivia. Inf. inéd.
- LLAUMET, C., 1970 La minería del fierro en Chile como factor de desarrollo económico. Trab. presentado a la 2.a convención de Geólogos de Chile. La Serena, 11 pág.
- MELENDEZ, B. y FUSTER, J., 1969 MINISTERIO DE MINERIA Geología. Madrid. Ed. Paraninfo. 702 pág. Servicio de Minas del Estado. "Anuario de la Minería de Chile". Años 1964, 65, 66, 67, 68, 69. Stgo. Imp. Serv. Prisiones.
- MUÑOZ CRISTI, J., FLORES, H. PIZARRO, R., 1933 Placeres auríferos en las provincias de Valdivia y Cautín. En: Bol. Min. Petrol. Tomo III, N.o 26 pp. 283-317.
- PETRASCHEK, W., 1965 Yacimientos y criaderos. Barcelona. Ed. Omega. 538 pág.
- RUIZ, C., 1965 Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Stgo. IIG. 2 vols. 305 pág. texto y mapas.
- SANCHEZ, J., 1970 Estado actual de la minería del azufre en Chile. Trab. presentado a la 2.a Convención de Geólogos de Chile. La Serena. 4 pág.
- SMIAN, E., 1941 Informe sobre el yacimiento de kieselguhr de Futanome. Inf. inéd.
- VERGARA, L., 1970 Prospección de yacimientos de cromo y de hierro en La Cabaña-Cautín. Stgo. U. de Chile. Dpto. Geología. Memoria de Prueba 2 vols. texto y mapas.

VILA, T., 1953

Recursos Minerales No-Metálicos de Chile. Stgo. Ed. Universitaria. 449 pág.

VINCENT, P. CH y
VOGT, I., 1970

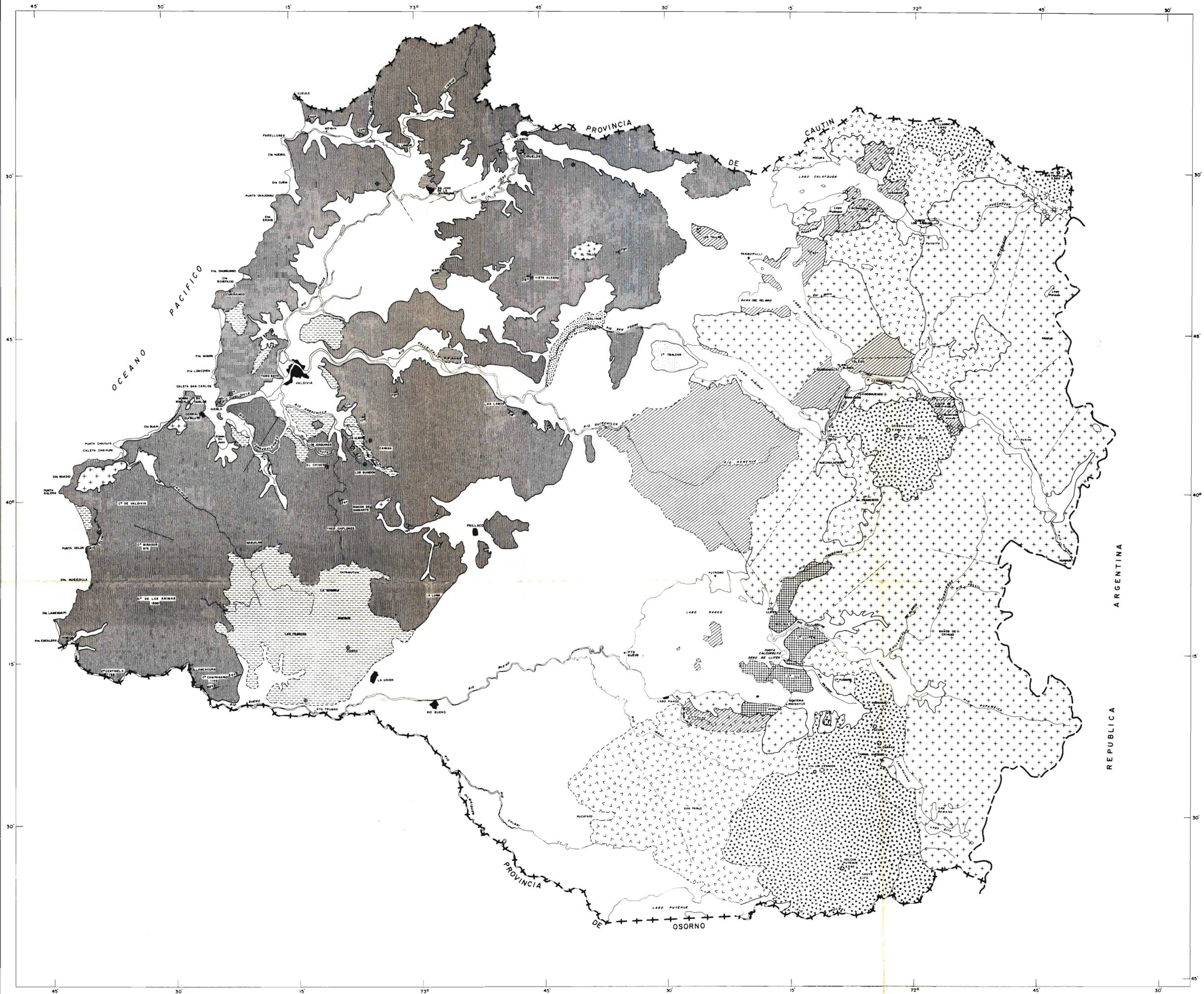
Estudio sobre las posibilidades de investigación de oro destrítico en Chile. Stgo. Bureau de Recherches Geologiques et Minieres. Empresa Nacional de Minería. 50 pág.

ZORRILLA, R., 1943

Minas de talco de Valdivia. Inf. inéd.

FE DE ERRATAS.

Página	Línea	Dice	Debe decir
4	20	Intrusivo	Intrusivo
7	22	corresponde	corresponden
9	30	lentas	lentes
9	34	marmorizados	marmorizadas
9	37	10'	10 m.
14	14	Fóscil	Fósil
14	41	podocarpácea	podocarpacea
15	1	éste	esto
17	21	Folíil	Follil
17	21	Rupaneica	Rupameica
19	6	en	con
19	28	Fagéceas	Fagáceas
19	37	el	al
25	10	volcamiento	volcanismo
28	17	aluminoso	aluminoso
29	6	volvánico	volcánico
30	35	34° S.	34° S. y 40° S.
31	4	anmalos	anómalos
31	29	primaroo	primaría
31	35	dranada	drenada
32	1	se	de
32	18	estereos	esteros
32	34	Corresponde	corresponde
33	32	supresposición	superposición
33	40	de	se
34	37	Folíil	Follil
37	7	Folíil	Follil
37	7	currinque	Curringue
37	23	Doce	12
39	12	Piñihue	Riñihue
39	14	Folíil	Follil
39	14	Currinque	Curringue
39	21	con	son
39	25	el 24 0/0	El 24 0/0
44	32	hata	hasta
45	31	mahuilque	Mahuilque
45	33	mecaceos	micáceos
46	30	despositación	deposición
47	36	vocán	volcán
48	12	vocanismo	volcanismo
51	22	fulfatos	sulfatos
52	11	fósfidos	pórfidos
52	39	cretáciso	cretácico
55	15	serpentinético	serpentinítico
57	7	cerca de	cerca de la
57	21	paleozoico	Paléozoico
57	34	represente	representa
58	31	Permitieron	permitieron
60	15	y en su elaboración	y su elaboración
61	17	orfebería	orfebrería
61	35	trey	troy
64	26	montmorilonito	montmorillonito
64	39	despositación	deposición
68	13	fómrula	fórmula
71	34	Posa	Rosa
72	26	sofataras	solfataras
72	26	activias	activas
81	21	lTalia	Italia
81	33	micánceas	micáceas
81	35	deden	deben
82	22	pogan	pongan
83	1	valdivia	Valdivia
83	12	metamofrismo	metamorfismo
83	16	gricultura	agricultura
85	18	Sando	Santo
85	27	ENCUESTA	ENCUESTA
92	3	Cautín,	Cautín, Valdivia,
95	1	Alvares	Alvarez



PROVINCIA DE VALDIVIA CARTA GEOLOGICA



REALIZADO POR FRANCISCO DI BIASE F.
DIBUJO VICTOR PAREDES L.

BASE CARTOGRAFICA CARTA PRELIMINAR I.G.M.

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES / CORFO
1971

- Rumbo e inclinación de los estratos
- Estratos horizontales
- Estratos verticales
- Fracturas y fallas
- Conos Parásitos
- Cráteres de explosión
- Volcanes

- Sedimentos fluvio-glaciales, glaciales, lacustres, fluviales CUATERNARIO
- LAVAS MODERNAS CUATERNARIO
- SERIE ESTEREA MAPICA Lava ashénicas y bombas de cenizas CUATERNARIO
- VULCANES DE WALLE Plioceno
- FORMACION CHEL-CHEL Terciario Superior Luján, Tumbes y Guano Viejo
- ESTRATOS DE Terciario Medio Oligoceno - Mioceno

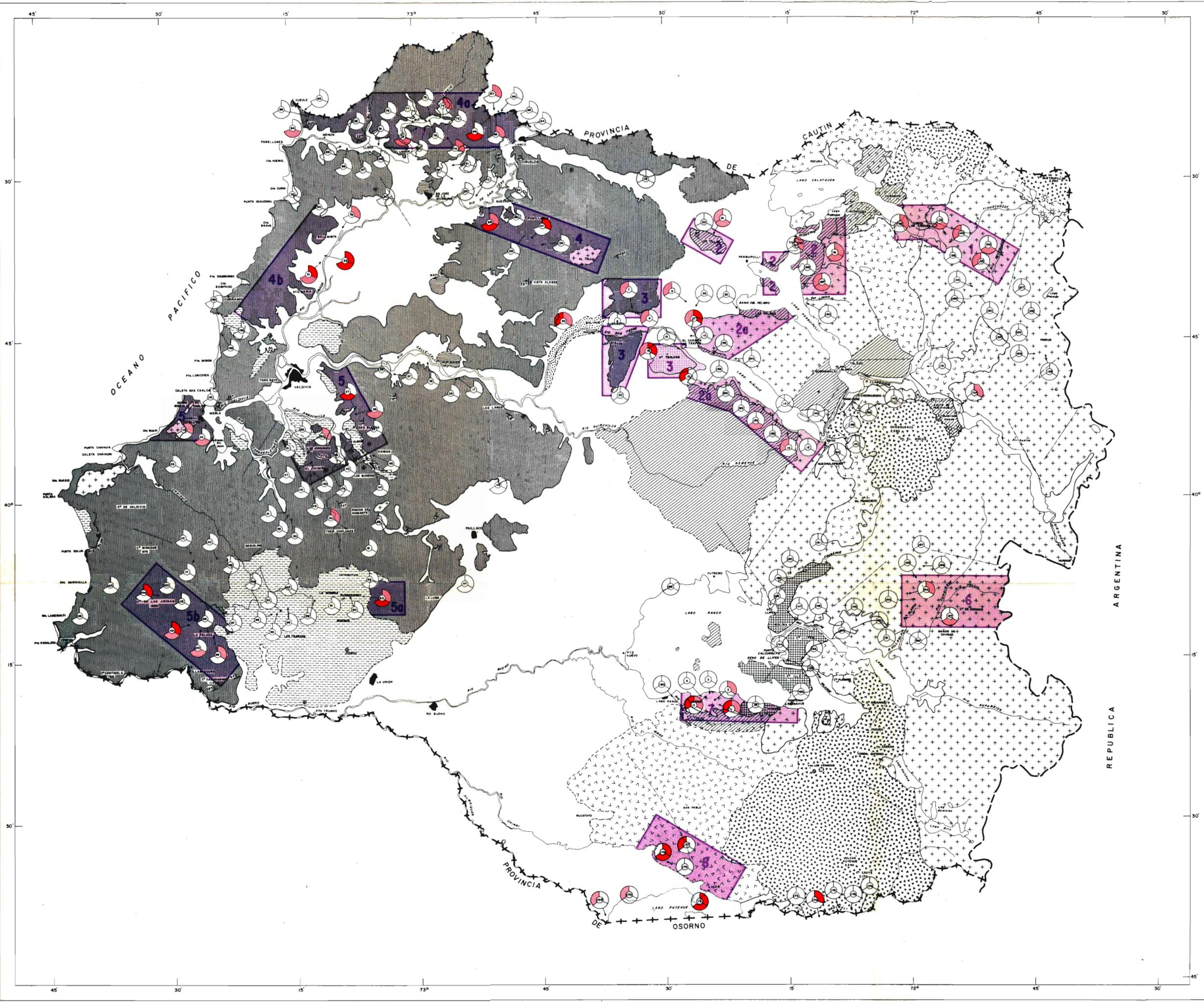
LEYENDA

- CAPAS DE LA PEDRA Terciario Inferior Eoceno
- ROCAS GRANITICAS CRETACICO SUPERIOR
- FORMACION CURANIPE CRETACICO SUPERIOR Senariense
- FORMACION TRALCAN TRIASICO SUPERIOR
- FORMACION PUELMAPULLI TRIASICO SUPERIOR y/o PALEOZOICO SUPERIOR
- BASAMENTO CRIATALIZADO PALEOZOICO y/o PRECAMBRICO

SIMBOLOGIA

- CABECERAS COMUNALES
 - LAGOS Y LAGUNAS
 - RIOS
 - LIMITE PROVINCIAL
 - LIMITE INTERNACIONAL
- EL TRAZADO DEL LIMITE INTERNACIONAL NO ES OFICIAL



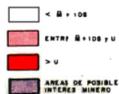


PROVINCIA DE VALDIVIA MAPA METALOMETRICO

REALIZADO POR FERNANDA LILLO R. GEOLOGO
GLORIA MEDINA C. CARTOGRAFO

BASE CARTOGRAFICA CARTA PRELIMINAR I.G.M.
GEOLOGIA POR FCO. DI BIASE IREN - CORFO 1971

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES / CORFO



LEYENDA

<ul style="list-style-type: none"> RUMBO e INCLINACION DE LOS ESTRATOS ESTRATOS HORIZONTALES ESTRATOS VERTICALES FRACATURAS Y FALLAS CONOS PARABOLICOS CRATERES DE EXPLOSION VOLCANES 	<ul style="list-style-type: none"> CUATERNARIO: SEDIMENTOS FLUVIOALACIALES, MAGNOLACUSTRES, LACUSTRES, FLUVIALES CUATERNARIO: LAVAS MODERNAS ANDASITICAS Y BASALTICAS TERCIARIO SUPERIOR: SERIE EFUSIVA BASICA: Lavas andesiticas y basalticas Continental TERCIARIO SUPERIOR: VOLCANISMOS DE VALLE: Lavas basalticas TERCIARIO SUPERIOR: FORMACION CHOL-CHOL: Lavas andesiticas y basalticas, lavas raras Mioceno - Plioceno TERCIARIO MEDIO: ESTRATOS DE PUPURANUE: Conglomerados y areniscas andesitas Continental Oligoceno - Mioceno 	<ul style="list-style-type: none"> TERCIARIO INFERIOR: CAPAS DE SA PEDRO: Andesitas y lavas Continental CRETACICO SUPERIOR: ROCAS GRANITICAS CRETACICO SUPERIOR: FORMACION CIMARRONUE: Raras andesitas y sedimentos volcanicos andesitas y basalticas Continental TRIASICO SUPERIOR: FORMACION TRALCAN: Conglomerados y lavas Continental TRIASICO SUPERIOR: FORMACION PAMPULLI: Pírcanos, filitas, conglomerados, areniscas y arenitas PALEOZOICO SUPERIOR: 7/6 PALEOZOICO: 1/2 PRECAMBRIICO: BARRANCO CRISTALINO
--	---	--

SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> CABECERAS COMUNALES LAGOS Y LAGUNAS RIOS LIMITE PROVINCIAL LIMITE INTERNACIONAL 	<p>EL TRAZADO DEL LIMITE INTERNACIONAL NO ES OFICIAL</p>
---	--