

SEGUNDO CONGRESO GEOLOGICO CHILENO
6 - 11 Agosto 1979 ARICA-CHILE

EL POTENCIAL ECONOMICO EN CARBONATO DE CALCIO
DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA NEOCOMIANA,
III REGION, CHILE.

Aníbal Gajardo C.
Inst. Invest. Geológicas
Casilla 10465 - Santiago
CHILE

RESUMEN

La secuencia sedimentaria neocomiana o Grupo Chañarillo, expuesta en la precordillera andina de la III Región entre los 27°21' y los 29°00' Lat. S., contiene estratos de calizas con características químicas favorables para su utilización en construcción (fabricación de cemento Portland y cal hidráulica), agricultura (elaboración de enmiendas calcáreas) y metalurgia del cobre (caliza para flujo en fundición y para la elaboración de cal para flotación).

La importante distribución estratigráfica y regional de estos mantos calcáreos, reflejada en reservas probables, que al ritmo de consumo nacional actual representan un abastecimiento de calizas para al menos 100 años, permite destacar el interés económico de esta secuencia sedimentaria y la necesidad de efectuar en ella estudios geológicos de detalle, tendientes a poner este recurso minero al servicio de las actividades productivas regionales y/o nacionales.

ABSTRACT

The Neocomian sedimentary sequence or Chañarcillo Group outcropping in the Andean precordillera of the III Region, between latitudes 27°21' and 29°00' S, contain chemically favourable limestone strata suitable to be applied to building purposes (manufacturing of Portland cement and hidraulic lime), agriculture (elaboration of soil conditioners) and in copper metallurgy (for flux and floating processes).

The important stratigraphical and regional distribution of these calcareous "mantos", taken as probable reserves and representing an at least 100 years supply at present rate of national consumption, allow to remark their economic interest and to point out the need for more detailed geological surveys intended for the knowledge of this mineral resource and its inclusion in regional and/or national economic activity.

INTRODUCCION

Las calizas constituyen en Chile la fuente principal de carbonato de calcio para diversas actividades productivas, entre las cuales se cuentan : construcción (elaboración de cemento Portland y cal hidráulica), metalurgia y minería (flujo en fundición y elaboración de cal para flotación), industria manufacturera (fabricación de vidrio, cerámica, papel, azúcar, textiles, pinturas) y agricultura (elaboración de enmiendas calcáreas).

El potencial económico en carbonato de calcio de la secuencia sedimentaria neocomiana de la III Región, reconocido mediante investigación geológico-económica efectuada por el autor y antecedentes de geología regional de diferentes fuentes, se evidencia por la existencia de calizas con características químicas favorables para uso en construcción, agricultura y metalurgia del cobre, actividades productivas de importante desarrollo regional y/o nacional.

UBICACION DEL AREA

El área estudiada se ubica en la Precordillera Andina de la III Región, Chile, y se extiende desde los 27°21' hasta los 29°00' Lat. S., entre las ciudades de Copiapó y Domeyko, aproximadamente (Fig. 1), abarcando en dirección general NNE-SSW, 169 kms de largo por 10-15 kms de ancho.

ANTECEDENTES GEOLOGICOS

Afloran en el área de estudio rocas estratificadas e intrusivas asignadas por diferentes autores al lapso Cretácico Inferior - Terciario Inferior y depósitos aluviales, asignados al lapso Terciario Superior - Cuaternario. Estas unidades corresponden al Grupo Chañarcillo, secuencia sedimentaria neocomiana de origen marino a la cual pertenecen las rocas carbonatadas motivo del presente estudio, y a las rocas y sedimentos que conforman su marco estratigráfico regional.

Las rocas y depósitos aluviales mencionados están afectadas

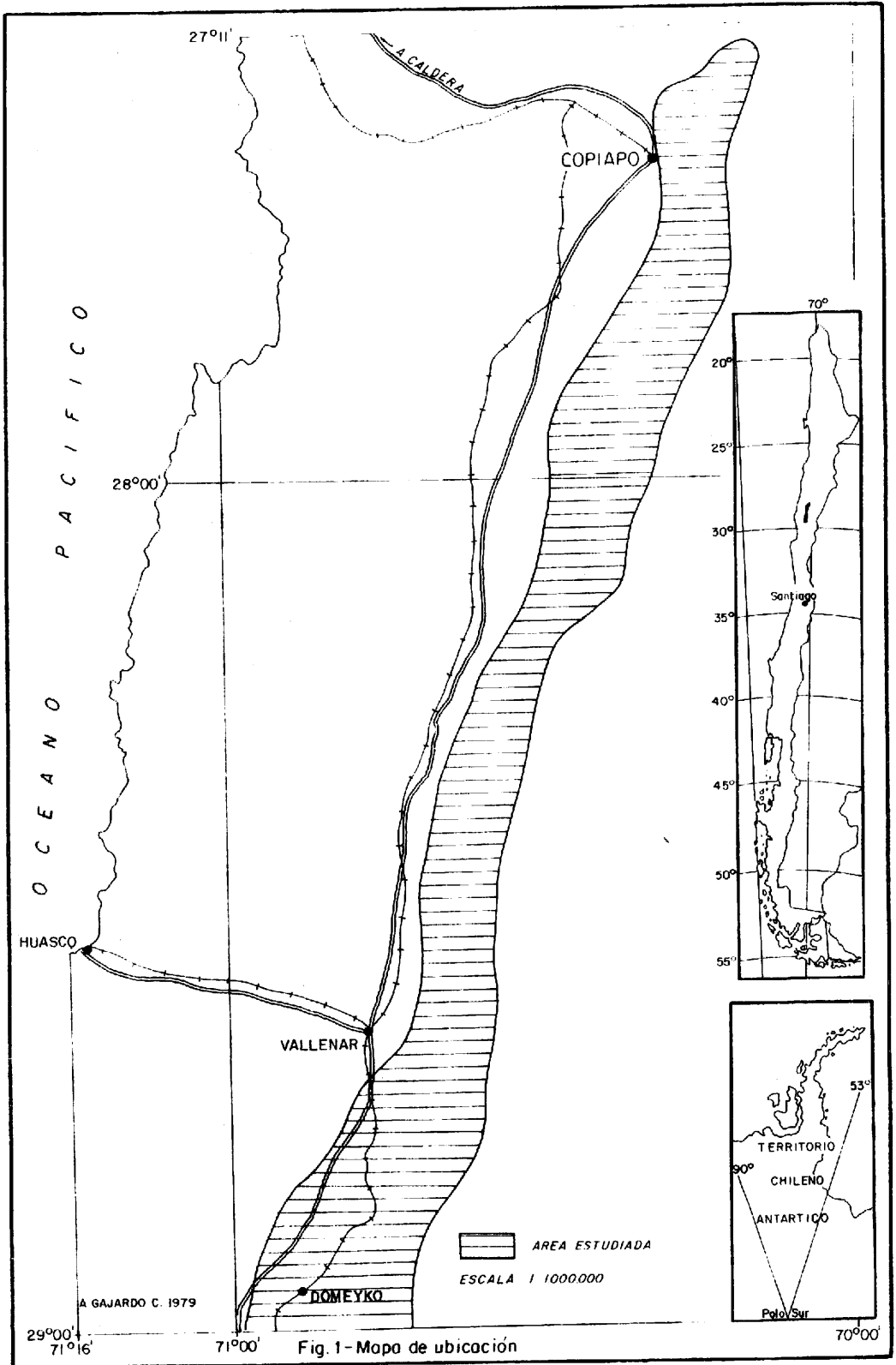


Fig. 1- Mapa de ubicación

por diversos accidentes estructurales que evidencian las solicitaciones tectónicas a que han estado sometidas desde el Cretácico hasta el Cuaternario.

Marco Estratigráfico.

Comprende rocas estratificadas, depósitos aluviales y rocas intrusivas.

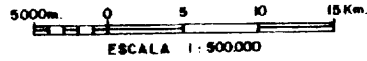
a) Rocas Estratificadas:

Las rocas estratificadas corresponden a las formaciones Bandurrias, Cerrillos y Agua Amarga, de edades comprendidas entre el Cretácico Inferior y el Terciario Inferior (Figs. 2 y 2a).

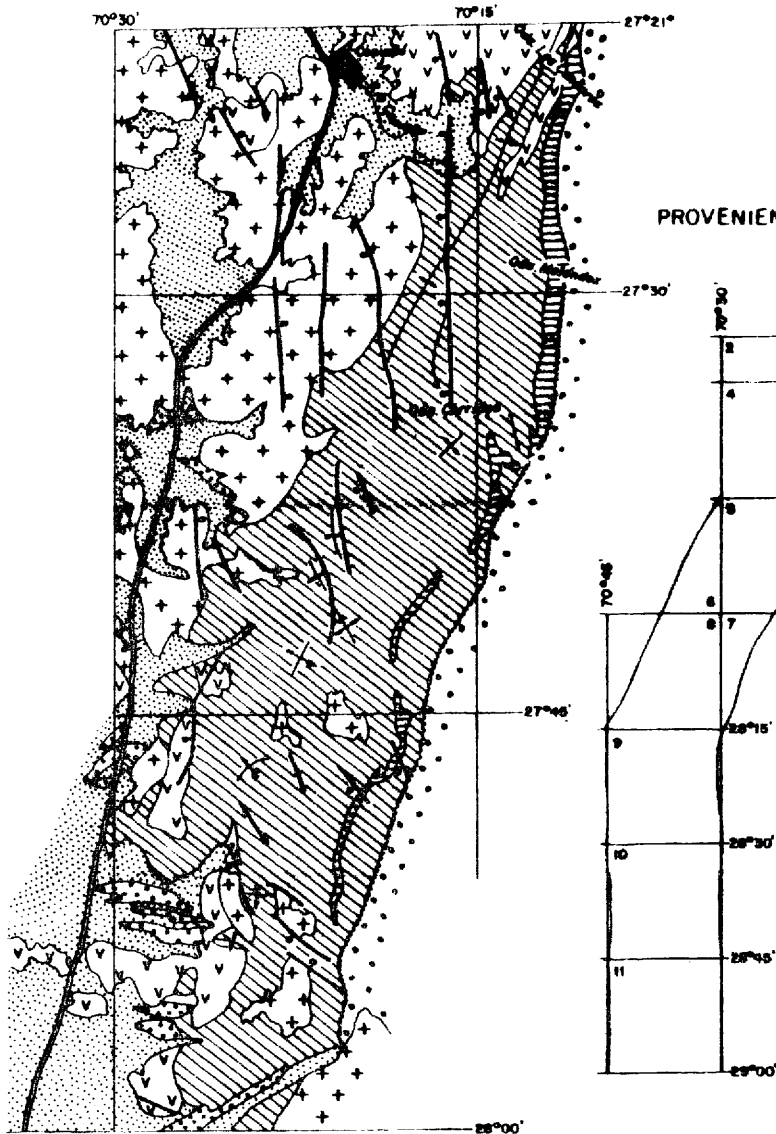
La Formación Bandurrias (SEGERSTROM, 1960a), de edad valangiana superior a post-neocomiana, posiblemente aptiana, o albiense según ABAD (1976), comprende una secuencia volcánico-sedimentaria, principalmente continental, cuyo piso no está expuesto en el área y su techo lo constituye la formación Cerrillos, que se dispone sobre ella en discordancia de erosión y plegamiento (SEGERSTROM y PARKER, 1959). Esta constituida por lavas, brechas y tobas, con intercalaciones de rocas calcáreas y presenta una relación de engrane con los sedimentos marinos del Grupo Chañarcillo, que en general se evidencia en todo el desarrollo norte-sur de ambas unidades (SEGERSTROM, 1968; ABAD, 1976). Es espesor asignado a esta formación por los diferentes autores que la han estudiado, varía entre 1000 y 2500 m (SEGERSTROM, 1960a; CONN, 1974; ABAD, 1976)

MAPA GEOLOGICO DE LA PRECORDILLERA ANDINA ENTRE LOS 27°21' Y LOS 29°00' DE LAT. SUR.

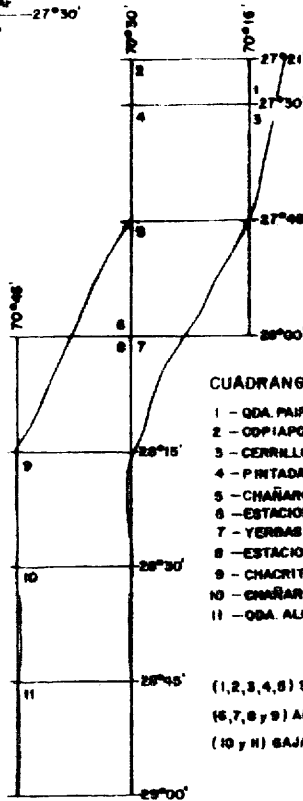
III REGION ATACAMA



N.A. N.M.



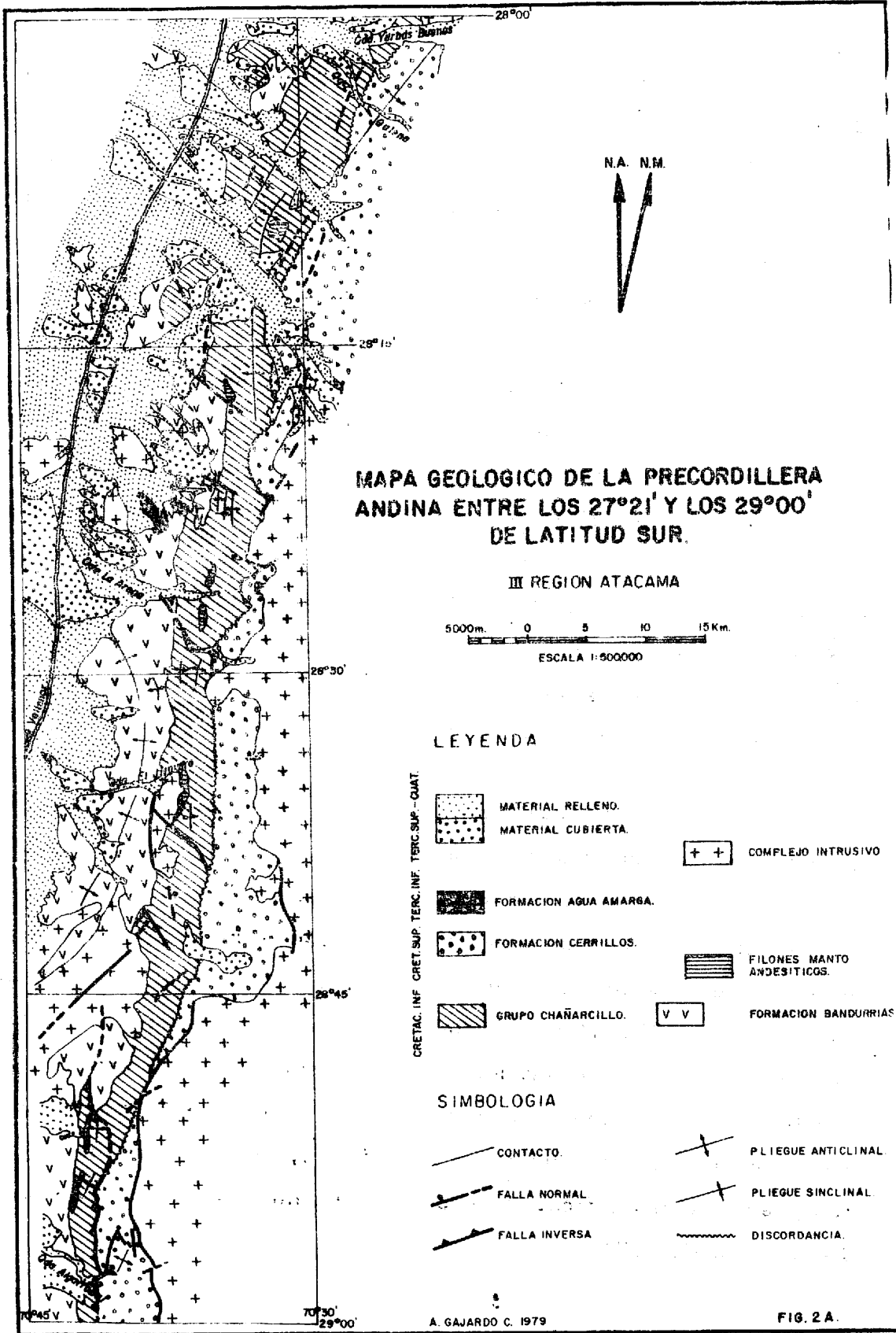
PROVENIENCIA DE LA INFORMACION



CUÁDRANGULOS

- 1 - ODA PAIPOTE
- 2 - COPIAPO
- 3 - CERRILLOS
- 4 - PINTADAS
- 5 - CHAÑARCILLO
- 6 - ESTACION CASTILLA
- 7 - YERBAS BUENAS
- 8 - ESTACION ALSARRIBAL
- 9 - CHACRITAS
- 10 - CHAÑAR BLANCO
- 11 - ODA ALSARRIBAL

(1, 2, 3, 4, 5) SEGERSTRÖM 1968
(6, 7, 8 y 9) ABAD 1976 y CORN 1974
(10 y 11) GAJARDO 1978



La Formación Cerrillos (SEGERSTROM y PARKER, 1959), de edad cenomaniense superior o coniaciana-maestrichtiana según ABAD (1976), comprende una secuencia volcánico-sedimentaria continental que sobreyace en discordancia de erosión y plegamiento al Grupo Chañarcillo y a la formación Bandurrias, e infrayace, fuera del área de estudio, también en discordancia de erosión y plegamiento, a la formación Hornitos del Terciario Inferior (SEGERSTROM, 1968; ABAD, 1976). Litológicamente esta es compuesta, en su sección inferior, por conglomerados y areniscas tobáceas con intercalaciones de rocas volcánicas y sedimentarias lagunares, y en su sección superior, casi exclusivamente por andesita porfírica, tobas y brechas, con algunas intercalaciones de conglomerados y areniscas (SEGERSTROM y PARKER, 1959; CONN, 1974). Esta unidad presenta diferentes espesores en su desarrollo longitudinal, los cuales varían entre un máximo de 4500 y un mínimo de 400 m (SEGERSTROM y PARKER, 1959; CONN, 1974; ABAD, 1976).

La formación Agua Amarga (CONN, 1974) de edad terciaria inferior, comprende una secuencia volcánica continental que se dispone en discordancia de erosión y plegamiento sobre la formación Bandurrias y que no está cubierta por ninguna otra de las unidades estratificadas del área. Se distribuye únicamente en el Cuadrángulo Chacritas ($28^{\circ}15' S/70^{\circ}45' W$) donde presenta una superficie de afloramiento que no sobrepasa los 10 km^2 . Esta es compuesta exclusivamente por aglomerados volcánicos que contienen clastos sub-angulares a sub-redondeados de rocas andesíticas, incluidos en una matriz fina, también andesítica. Su espesor máximo visible alcanza a los 100 m (CONN, 1974).

b) Depósitos Aluviales :

Los depósitos aluviales corresponden tanto a materiales de cubierta, dispuestos sobre antiguas superficies de erosión ubicadas a alturas variables entre 300 y 1500 m. s. n. m., como a materiales de relleno, en cuencas de depositación y en valles y quebradas (Figs. 2 y 2a).

Los primeros, compuestos por gravas y ripios en una matriz de arena y limo arcilloso, tienen espesores de hasta 500 m y su edad sería terciaria superior-cuaternaria (SEGERSTROM, 1968; ABAD, 1976). Los materiales de relleno, compuestos por detritos de tamaño arena, con clastos subredondeados y porcentajes importantes de limo, son del Cuaternario (ABAD, 1976).

c) Rocas Intrusivas :

Las rocas intrusivas corresponden a filones manto andesíticos del Cretácico Inferior y a un complejo plutónico, denominado informalmente Complejo Intrusivo Cretácico Superior-Terciario Inferior (GAJARDO, 1978) (Figs. 2 y 2a).

Los filones manto, compuestos por andesita porfírica (ocoíta), afloran ya sea como un solo cuerpo de potencia variable entre 400 y 500 m, o en número de dos o tres y de menor espesor. Afectan a las secuencias estratificadas del Cretácico Inferior, generando en ellas un leve metamorfismo de contacto. Su edad máxima sería post-barremiana y su edad mínima, pre-cretácica superior (SEGERSTROM, 1968).

Los cuerpos plutónicos del Complejo Intrusivo corresponden a batolitos y stocks diorítico-tonalíticos del Cretácico Superior y a batolitos granodioríticos del Terciario Inferior. Los primeros intruyen a las secuencias sedimentarias y volcánicas del Cretácico Inferior, generando en ellas rocas alteradas y córneas (SEGERSTROM, 1968; CONN, 1974; ABAD, 1976). Se distribuyen en general, al oeste del contacto de esas formaciones con la formación Cerrillos, presentándose en forma continua al norte de los 28°00' Lat. S. y discontinua hacia el sur. FARRAR y otros (1970), le asignan una edad cenomaniana a esta fase intrusiva, en base a dataciones radiométricas por el método K/Ar.

Los cuerpos del Terciario Inferior, representados principalmente por granitos, monzodioritas cuarcíferas, granodioritas y gabros, afectan a las rocas estratificadas e intrusivas del Cretácico Inferior y Superior. Se distribuyen practicamente en toda el área de estudio, generando en las rocas encajadoras silicificación y metamorfismo de contacto y asimilando también porciones importantes de ellas, especialmente en el sector sur. Los productos del metamorfismo de contacto son variados : skarn y rocas córneas con granate, metaandesitas y rocas esquistas (SEGERSTROM, 1968; ABAD, 1976). Según FARRAR y otros (1970), la edad de esta fase intrusiva, determinada por el método K/Ar, varia entre 59 y 66 m.a., es decir principalmente Paleoceno Inferior.

Grupo Chañarcillo

El Grupo Chañarcillo (Figs. 2 y 2a), (SEGERSTROM y PARKER, 1959) de edad valanginiana superior a barremiana y posiblemente aptiana (CORVALAN, 1974), esta integrado por cuatro formaciones

que se disponen concordantemente entre sí, en orden decreciente de edad de oeste a este. De más antigua a más joven son : Formación Abundancia, Valanginiano Superior; formaciones Nantoco y Totoralillo, Hauteriviano y Formación Pabellón, Hauteriviano-Barremiano, posiblemente Aptiano (CORVALAN, 1974).

Litológicamente, la formación Abundancia esta compuesta por arenisca media a gruesa, en parte brechosa, con intercalaciones de caliza compacta. La Formación Nantoco tiene dos miembros, de los cuales el inferior esta compuesto por calizas, calizas arenosas y areniscas calcáreas, en la parte inferior, seguidas hacia arriba por caliza arcillosa y caliza arenosa. El miembro superior está integrado principalmente por calizas fisibles, sobre las cuales se disponen, al sur de los 28°00' Lat. S., areniscas y calizas compactas. La Formación Totoralillo comprende lutita calcárea y caliza arcillosa, con intercalaciones de arenisca calcárea y caliza compacta. La Formación Pabellón se caracteriza por pedernales basales, que infrayacen a calizas arcillosas y calizas arenosas, para terminar en general en areniscas y caliza compacta.

Según CORVALAN (1974), el Grupo Chañarillo en la zona de Copiapó tendría un espesor entre 1700 y 2000 m; ABAD (1976) señala una potencia del orden de 2900 m y GAJARDO (1978) entre 1300 y 2000 m, con una disminución general en sentido N-S.

La sedimentación de las facies calcáreas del Grupo Chañarillo se habría producido hacia el sector oriental de una bahía (ABAD, 1976) que se extendía de Copiapó al sur, y los productos volcánicos que integran la Formación Bandurrias se habrían depositado hacia el oeste y noroeste, según lo indica el engrane que se evidencia, en di-

ferentes niveles estratigráficos de norte a sur y de este a oeste, entre las secuencias sedimentarias y volcánicas. Los productos de este vulcanismo provenían de centros efusivos que integraban un arco de islas volcánicas (ABAD, 1976) al oeste de la cuenca. Los materiales calcáreos, silíceos, arcillosos y arenosos, que conforman las secuencias marinas, habrían provenido de un área continental que habría delimitado la cuenca por el oeste (SEGERSTROM y PARKER, 1959).

Estructura

Los accidentes estructurales que afectan a las rocas estratificadas del área corresponden a pliegues, discordancias y fallas (Figs. 2 y 2a).

Estructuras de plegamiento anticlinal y sinclinal de variadas magnitudes afectan a las secuencias estratificadas. Los ejes de las estructuras mayores tienen orientación general NNE-SSW y sus flancos, de manteos variables entre 20° y 80°, están afectados por pliegues menores, responsables de la gran complejidad estructural del Grupo Chañarcillo en algunos sectores (GAJARDO, 1978).

Las discordancias de erosión y plegamiento del área son dos. La más antigua se manifiesta entre las formaciones Pabellón o Bandurrias y la Formación Cerrillos. Su traza tiene un rumbo general NNE-SSW y cruza toda el área. Esta estructura evidencia la Orogénesis Subhercínica o Mesocretácica del Cretácico Superior (VICENTE y otros 1973, en ABAD, 1976). La otra discordancia se manifiesta entre la Formación Bandurrias y la Formación Agua Amarga (CONN, 1974) y su traza tiene un desarrollo más local, en la hoja Chacritas (28°15' S/ 70°45' W).

Fallas normales e inversas afectan a las secuencias estratificadas, a las rocas intrusivas y a los depósitos aluviales. Las fallas normales, de rumbo general NNE-SSW, N-S y NW-SE, tienen amplia distribución, afectando a la Formación Bandurrias, al Grupo Chañarcillo y a los depósitos aluviales. Las más occidentales de las fallas de dirección NNE-SSW, entre los 28°00' y los 28°15' Lat. S., han sido interpretadas por MORTIMER (1969) como causantes de la Depresión Intermedia, unidad morfológica que se manifiesta en ese sector (GAJARDO, 1978). Hacia el sur, estas fallas determinan la caída de bloques de rocas calcáreas progresivamente hacia el oeste. Fallas de desplazamiento dextral y de rumbo general NNW-SSE, se observan especialmente entre los 28°15' y los 28°45' Lat. S., desplazando porciones importantes de rocas del Grupo Chañarcillo. Las fallas inversas más importantes se ubican al sur de los 28°45' Lat. S., principalmente aquella que se dispone en el contacto del Grupo Chañarcillo con la Formación Cerrillos.

ANTECEDENTES ECONOMICOS

El potencial económico del Grupo Chañarcillo como fuente de calizas para construcción, agricultura y metalurgia del cobre, se basa en las siguientes propiedades de sus estratos calcáreos : composición química, aplicaciones tecnológicas, distribución estratigráfica y regional, y reservas probables.

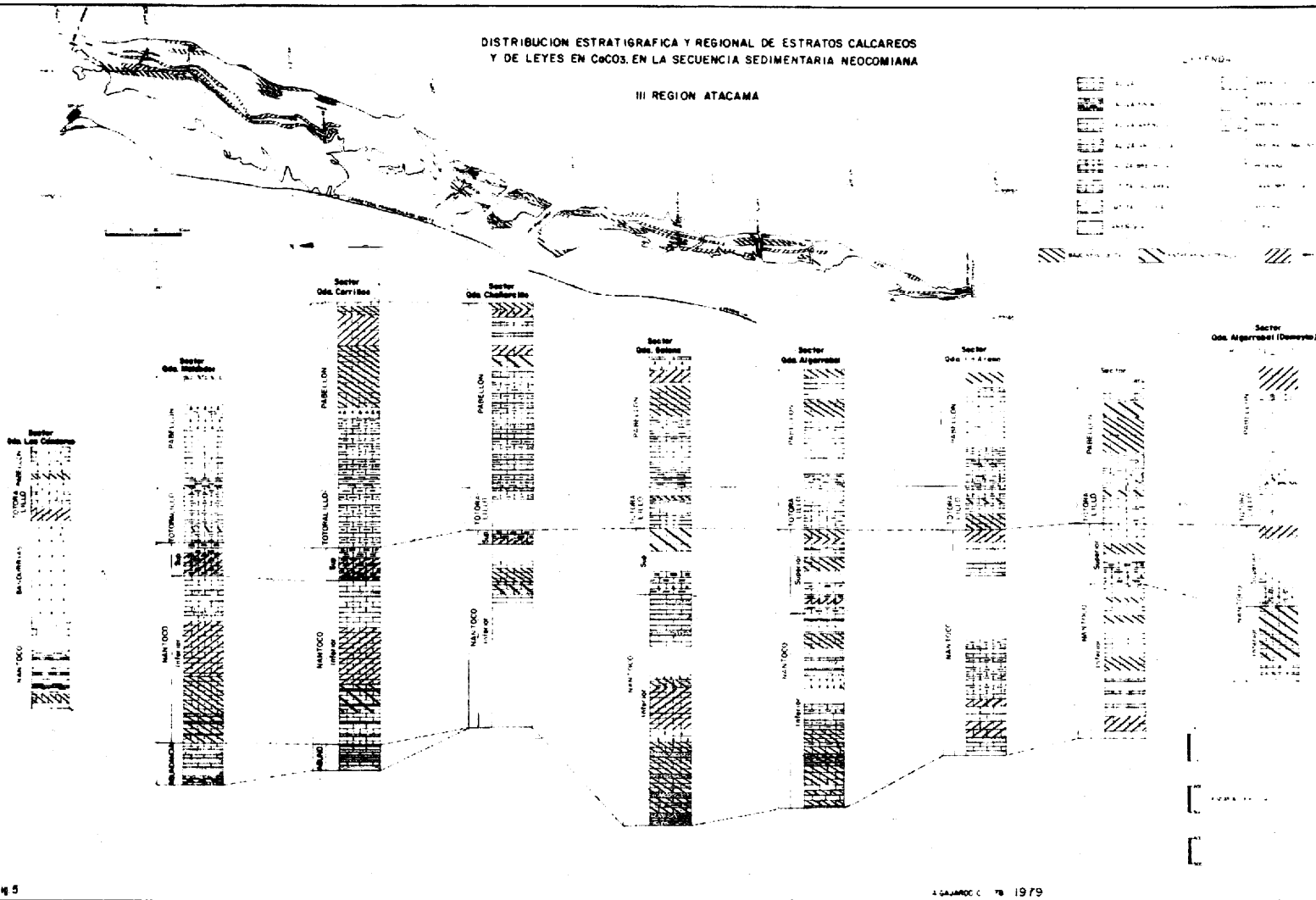
Estas propiedades están directamente relacionadas con factores litoestratigráficos, sedimentarios, estructurales, magmáticos y erosivos, representativos de fenómenos ocurridos durante su deposición en una cuenca de sedimentación marina neocomiana y durante

DISTRIBUCION ESTRATIGRAFICA Y REGIONAL DE ESTRATOS CALCAREOS
Y DE LEYES EN CºGOS. EN LA SECUENCIA SEDIMENTARIA NEOCOMIANA

III REGION ATACAMA

LEYENDA

[Symbol]	LEYES
[Symbol]	ESTRATOS CALCAREOS
[Symbol]	ESTRATOS CALCAREOS
[Symbol]	ESTRATOS CALCAREOS
[Symbol]	ESTRATOS CALCAREOS
[Symbol]	ESTRATOS CALCAREOS
[Symbol]	ESTRATOS CALCAREOS
[Symbol]	ESTRATOS CALCAREOS
[Symbol]	ESTRATOS CALCAREOS
[Symbol]	ESTRATOS CALCAREOS



su posterior evolución geológica.

El análisis de las propiedades geológico-económicas de los estratos calcáreos de esta secuencia, se efectuará considerando los efectos favorables y desfavorables de los factores geológicos señalados, los cuales han sido previamente descritos en el capítulo correspondiente.

Composición Química

La composición química de los estratos calcáreos se refiere al contenido de CaCO_3 y de los demás componentes principales y secundarios de las rocas carbonatadas que los integran, en especial SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 y MgO , Na_2O , K_2O . Esta composición está relacionada fundamentalmente con factores litoestratigráficos, sedimentarios y magmáticos, los cuales determinan la distribución de los estratos de acuerdo a su concentración en CaCO_3 , reconociéndose entre aquellos de interés económico, es decir con leyes sobre 73% CaCO_3 -valor mínimo necesario para las diferentes aplicaciones tecnológicas indicadas- y aquellos sin interés económico para los efectos de este estudio, es decir con leyes bajo 73% CaCO_3 (Fig. 3).

Los dos primeros factores geológicos considerados, que dicen relación con el ambiente de depositación, son responsables de la ubicación de los estratos en posiciones stratigráficas representativas de etapas precisas en el desarrollo de la cuenca sedimentaria (Fig. 3). En efecto, aquellos con leyes sobre 73% CaCO_3 , ubicados en los miembros inferior y superior de la Formación Nantoco, son representativos en general de la depositación de sus facies en un ambiente circalitoral (CORVALAN, 1974) favorable para el desarrollo de cali-

zas compactas, esparitas y bioesparitas, con escasa proporción de clastos de plagioclasa y cuarzo, y fragmentos líticos (GAJARDO, 1978). Tienen leyes altas en CaCO_3 , cuyo contenido tiende a disminuir en algunos sectores del área, especialmente en el extremo sur, debido a cambios de facies locales y/o progresivas a ambientes más costaneros y/o con mayor aporte de materiales no calcáreos. Los estratos con leyes sobre 73% CaCO_3 , ubicados en la parte alta de la Formación Pabellón, son representativos de una etapa de inestabilidad de la línea de costa, ambiente infralitoral externo, evidenciado principalmente por las facies arenosas y por las calizas en gran parte bioclásticas y coquinoídeas (CORVALAN, 1974) que los integran.

Los estratos con leyes bajo 73% CaCO_3 -ubicados en el miembro inferior de la Formación Nantoco, en la Formación Totoralillo y en la sección baja, media y más alta de la Formación Pabellón- son representativos de etapas de depositación fundamentalmente clásica, arcillosa y silícea, las que están condicionadas por variaciones de la línea de costa y/o por un aumento en el aporte de estos materiales, en desmedro de la depositación calcárea.

Los fenómenos magmáticos influyen en la composición química de los estratos calcáreos, modificando aquellas características favorables derivadas de factores litoestratigráficos y sedimentarios. En efecto, los cuerpos intrusivos afectan principalmente por silicificación y metamorfismo de contacto a algunos de los estratos con leyes sobre 73% CaCO_3 , razón por la cual disminuye localmente su contenido en CaCO_3 y aumenta su contenido en SiO_2 y en otros componentes.

Aplicaciones Tecnológicas

Las diferentes aplicaciones tecnológicas de los estratos calcáreos de interés económico son función de sus características químicas, en cuanto a leyes sobre 73% CaCO_3 y a un adecuado contenido de los demás componentes químicos principales y secundarios, los cuales, en la mayoría de los casos, constituyen impurezas.

Las aplicaciones tecnológicas consideradas se refieren a su utilización en construcción (cemento Portland y cal hidráulica), rubro en el cual se emplean los mayores volúmenes de caliza en el país, y en agricultura (enmiendas calcáreas) y metalurgia del cobre (fundición y flotación), que corresponden a dos de las principales actividades productivas regionales. Estas aplicaciones han sido determinadas mediante la comparación de dichas características con las especificaciones técnicas químicas que, para estos requerimientos, fueron proporcionadas al autor por diferentes usuarios y abastecedores de materia prima. Las especificaciones técnicas físicas no han sido utilizadas en esta etapa, pero deben ser consideradas en un estudio de mayor detalle.

Las especificaciones técnicas requeridas para las calizas destinadas a construcción, corresponden a aquellas utilizadas por la Fábrica de Cemento "El Melón" S.A. y por SOPROCAL, Calerías e Industrias S.A.. Estas especificaciones se refieren fundamentalmente al contenido de los siguientes óxidos : CaO , SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 , que constituyen los principales componentes del cemento Portland y de la cal hidráulica. Para el caso del cemento Portland, ellos deben estar en una correcta proporción, la cual es establecida mediante el denominado "Factor de Saturación de Cal" el que debe estar compren

dido entre 96% y 99% (A. SOTO, com. escrita, 1978) :

$$\text{F.S.C.} = \frac{100 \text{ CaO}}{2,80 \text{ SiO}_2 + 1,18 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,65 \text{ Fe}_2\text{O}_3}$$

Para la elaboración de cal hidráulica, se requiere también un alto contenido de los óxidos no cálcicos mencionados, especialmente SiO_2 , por cuanto su capacidad hidráulica se basa fundamentalmente en la razón cal-sílice, la cual depende de la adecuada combinación de estos óxidos cuando la roca es calcinada (BOYNTON, 1966).

Es necesario señalar entonces, que para el caso particular de la elaboración de cemento Portland y cal hidráulica, los óxidos SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 , no constituyen impurezas sino que por el contrario, son componentes fundamentales cuya presencia en la materia prima asegura la calidad del producto final y cuya deficiencia relativa debe ser corregida con la edición de materiales que los contengan (GAJARDO, 1978). Constituyen impurezas para estas aplicaciones, entre otros, los siguientes óxidos : Na_2O y K_2O , cuya proporción conjunta debe ser inferior a 1-1,5%, para impedir la reacción álcali-agregado (BOWEN y GRAY, 1962), y MgO , cuya concentración debe ser inferior a 1,5%, a objeto de permitir un fraguado normal.

Las especificaciones técnicas de calizas destinadas a agricultura fueron proporcionadas por SOPROCAL, Calerías e Industrias S.A.. Ellas se refieren principalmente al contenido en CaCO_3 , por cuanto las calizas se utilizan como acondicionador o enmienda calcárea (VILA, 1953), para neutralizar la acidez de los suelos agrícolas, haciéndolos más productivos y fértiles (BOYNTON, 1966). Las calizas son el mejor material básico para estos efectos, ya que son más

baratas por unidad de calcio, más convenientes y fáciles de manejar y distribuir y además, se guardan indefinidamente (COOKE, 1976). Se utilizan calizas con leyes mínimas de 75-80% CaCO_3 y por consiguiente los óxidos SiO_2 y Al_2O_3 , constituyen compuestos deletéreos en concentraciones elevadas.

Las especificaciones técnicas requeridas para metalurgia del cobre corresponden a aquellas empleadas por CODELCO, División El Teniente (F. CAMUS, com. verbal, 1978) y por SOPROCAL, Calerías e Industrias S.A.. La función de la caliza en el proceso de fundición de minerales de cobre es actuar como un flujo básico, para remover impurezas ácidas, principalmente sílice y alúmina, y también magnesio y azufre (BOYNTON, 1966), impurezas que provienen principalmente del mineral y secundariamente del combustible (FLEMING, 1972). Considerando lo anterior, las especificaciones técnicas son bastante estrictas y se refieren a calizas con leyes superiores a 90% CaCO_3 y contenidos máximos de 3% Al_2O_3 y 5% SiO_2 , que son las impurezas principales.

En el proceso de flotación, la caliza es transformada previamente en cal, cuya función es tanto mantener un apropiado grado de alcalinidad, como actuar en forma de un depresante para eliminar las impurezas de los minerales de cobre (BOYNTON, 1966). Se utilizan calizas con un mínimo de 83% CaCO_3 y un 17% máximo de impurezas, constituidas por SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO y SO_3 .

Distribución Estratigráfica y Regional

Los estratos calcáreos que, de acuerdo a las especificaciones

técnicas consideradas, presentan características favorables para uso en alguna o todas las actividades productivas mencionadas, tienen un importante desarrollo estratigráfico y regional en la secuencia sedimentaria.

Con respecto a su ubicación estratigráfica, los estratos favorables para construcción se encuentran principalmente en el miembro inferior de la Formación Nantoco y en la Formación Pabellón (Fig. 4). Los estratos de interés para agricultura en los miembros inferior y superior de la Formación Nantoco y en la Formación Pabellón (Fig. 5) y aquellos para metalurgia del cobre, principalmente en la Formación Nantoco (Fig. 6). Debido a lo anterior, en orden relativo de importancia como fuente de materiales calcáreos, las formaciones Nantoco y Pabellón -en ese orden- contienen la casi totalidad de los estratos favorables para los usos considerados, y las formaciones Totoralillo y Abundancia, no tienen interés como fuente de este recurso.

Respecto a su distribución regional, existen tres áreas de mayor concentración de estos estratos calcáreos: sector norte y central-norte; sector central-sur y sector sur.

En el primero de ellos, ubicado entre las quebradas Melendez y Chañarcillo, a unos 30 km de la ciudad de Copiapó, (Fig. 3) los estratos calcáreos de interés económico afloran en forma de tres fajas discontinuas, de dirección general NNE-SSW. Este sector es sin duda el más importante de los mencionados, debido a la mayor distribución estratigráfica y regional de estratos favorables para uso en construcción, agricultura y metalurgia del cobre (Figs. 4-6).

El segundo sector, se ubica en la quebrada La Arena, a unos 40 km de la ciudad de Vallenar. En él, los estratos de interés eco-

DISTRIBUCION ESTRATIGRAFICA Y REGIONAL DE ESTRATOS CALCAREOS
FAVORABLES PARA USO EN AGRICULTURA, EN LA DECUENCIA SEDIMENTARIA MIOCENICA

III REGION ATACAMA

LEYENDA

- | | | | |
|--|-----------------|--|------------------------|
| | Caliche | | Arena |
| | Caliche arenoso | | Grava |
| | Caliche meloso | | Manto de arena |
| | Caliche melosa | | Grava gruesa |
| | Lutita salina | | Grava mediana |
| | Lutita salada | | Grava fina |
| | Arenilla | | Grava gruesa y mediana |
| | | | Grava mediana y fina |
| | | | Grava fina y gruesa |
| | | | Grava gruesa |

ESCALA 1:50000

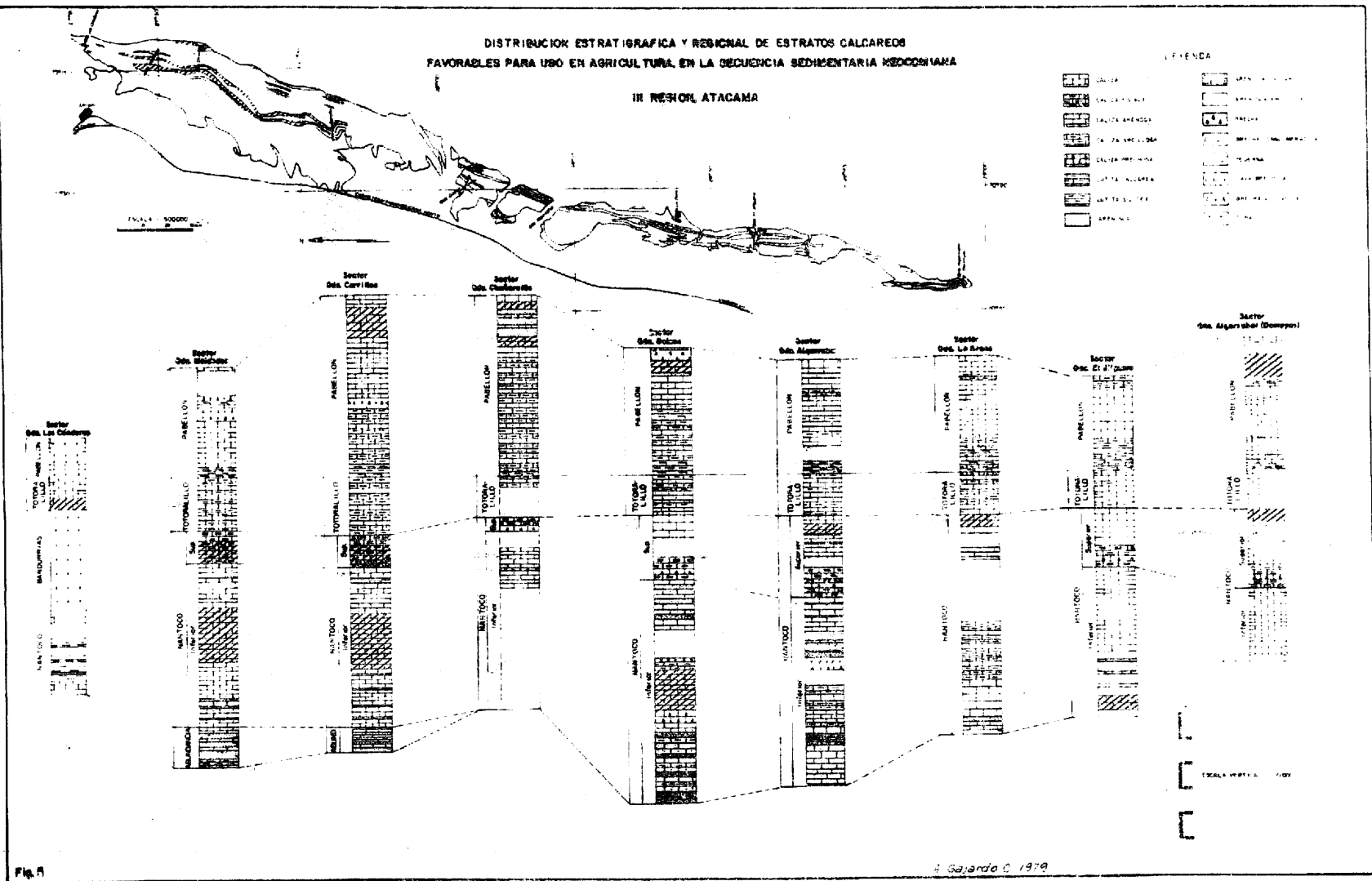


Fig. 5

A. Sazardo, C. 1979

C498

DISTRIBUCION ESTRATIGRAFICA Y REGIONAL DE ESTRATOS CALCAREOS
FAVORABLES PARA USO EN METALURGIA DEL COBRE, EN LA SECUENCIA SEDIMENTARIA MIOCENICA

III REGION, ATACAMA

- LEYENDA
- | | | | |
|--|---------------------|--|-----------------------------|
| | CALIZA | | ARENISCA CALCAREAS |
| | CALIZA FOSILIFERA | | ARENISCA ARCILLOSA |
| | CALIZA ARENOSA | | BRECHA |
| | CALIZA ARCILLOSA | | BRECHA CONGLOMERADA |
| | CALIZA ESPEJOSA | | PIEDRA |
| | LUTITA CALCAREAS | | LAVA BRECHOSA |
| | LUTITA SALICIS | | BRECHA VOLCANICA |
| | ARENISCA | | TOBA |
| | GALES PURO PLUTICAS | | GALES CON PLUTICOS Y TALCOS |

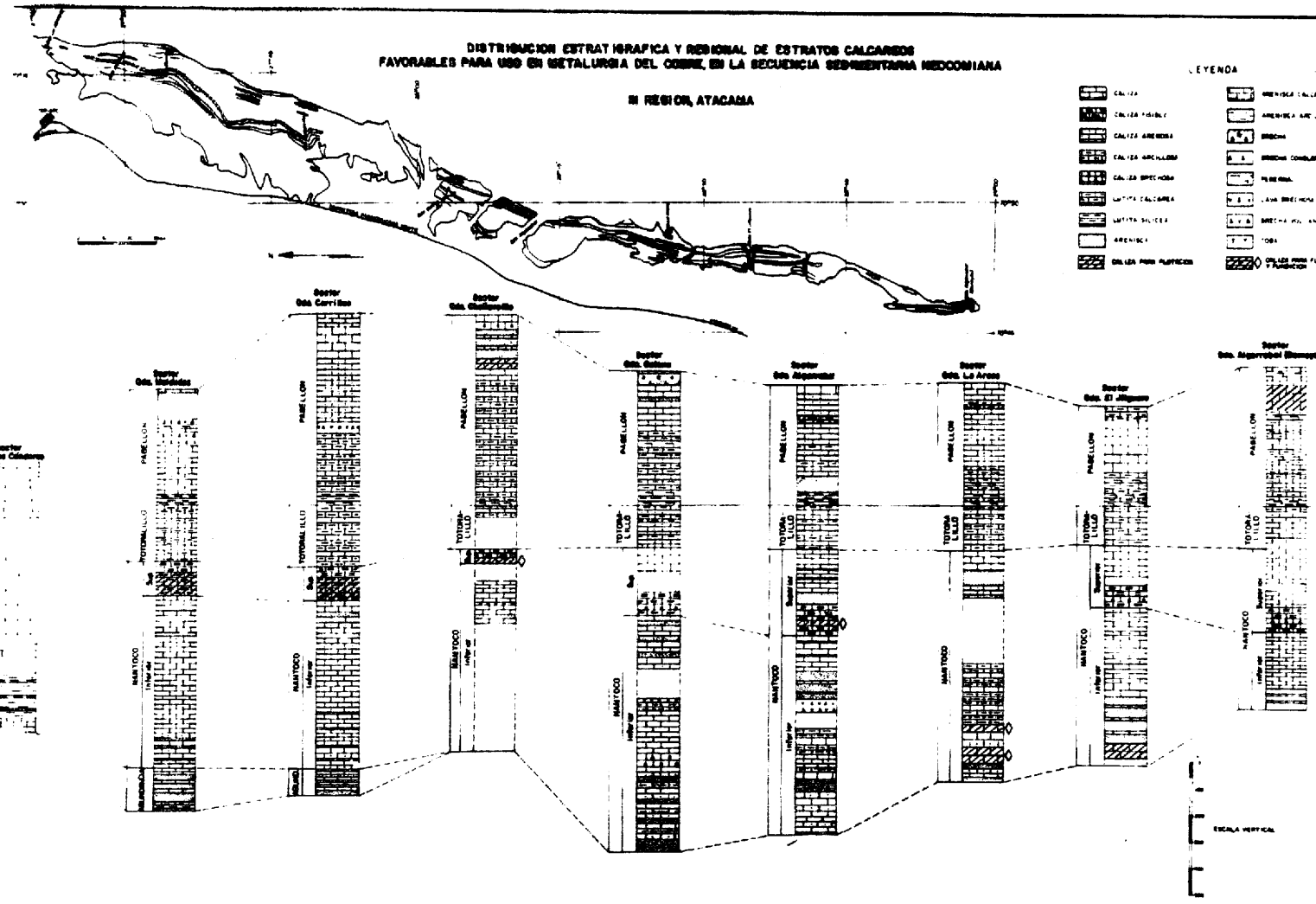


Fig. 6

A. Gajardo C. 1979

nómico se distribuyen como dos fajas de dirección general NNE-SSW y de menor desarrollo lateral que las anteriores (Fig. 3). Este sector presenta la mayor concentración reconocida de estratos favorables para fundición en metalurgia del cobre y también, en menor proporción, para construcción y agricultura (Figs. 4-6).

En el sector sur, en la quebrada Algarrobal (Domeyko), distante 17 km de la localidad de Domeyko, los estratos calcáreos presentan características favorables sólo para uso en agricultura y en el proceso de flotación en metalurgia del cobre (Figs. 5-6).

Los sectores intermedios, ubicados a mayor distancia de eventuales centros de consumo y/o procesamiento del material o con una menor proporción de estratos calcáreos con leyes sobre 73% CaCO_3 debido a efectos desfavorables de factores litoestratigráficos, sedimentarios y magmáticos, constituyen áreas de menor o ningún interés económico.

Reservas Probables

El volumen original de estratos calcáreos con leyes sobre 73% CaCO_3 , está modificado principalmente por factores magmáticos, erosivos y estructurales. Los primeros afectan el desarrollo lateral de estos estratos, por cuanto los cuerpos intrusivos interrumpen su continuidad y aún, determinan su desaparición parcial por asimilación. Períodos de erosión de gran intensidad, relacionados con la Orogénesis Subhercínica, son responsables de la inexistencia, en varios sectores del área, de estratos de interés económico en la parte alta de la Formación Pabellón. El fallamiento normal e inverso y el

plegamiento secundario que han afectado a la secuencia, determinan el ocultamiento y/o la disminución de espesores importantes de estratos calcáreos de interés económico en diversos sectores del área.

Considerando los factores anteriores, las reservas probables a nivel regional de calizas con leyes sobre 73% CaCO_3 , han sido calculadas en 240 millones de toneladas y las reservas probables distribuidas por aplicaciones tecnológicas consideradas para estas calizas, también a nivel regional, en :

Calizas para construcción	123 millones tons.
Calizas para agricultura	223 millones tons.
Calizas para metalurgia del cobre	101 millones tons.

Basándose en una producción nacional promedio, entre los años 1965 y 1977 de 2 millones de toneladas anuales de calizas para uso en construcción, minería e industrias, y agricultura (SERMINAS, 1977), la secuencia sedimentaria contendría una reserva de calizas con leyes sobre 73% CaCO_3 , para aproximadamente 120 años. Desglosando estos 2 millones de toneladas, de acuerdo a la producción anual estimada para los usos considerados en este estudio (CORFO-IIG, 1972; SERMINAS, 1977), se obtiene una reserva para aproximadamente 100 años de calizas favorables para construcción y/o agricultura, y para aproximadamente 400 años, de calizas favorables para metalurgia del cobre.

CONCLUSIONES

El conjunto de antecedentes anteriormente expuestos, permite

destacar la importancia de la secuencia sedimentaria neocomiana de la III Región o Grupo Chañarcillo, como fuente de calizas para las diferentes aplicaciones tecnológicas mencionadas y la conveniencia, de acuerdo a las necesidades regionales y/o nacionales, de efectuar en ella estudios geológico-económicos tendientes a conocer en detalle la magnitud y características cualitativas y cuantitativas de este recurso no metálico.

Dichos estudios deberán realizarse en alguno o todos los sectores de interés señalados, de acuerdo principalmente a los usos para los cuales se requerirían las calizas y a los volúmenes necesarios.

REFERENCIAS

- ABAD, E., 1976. Geología de la precordillera al noreste de Vallenar, entre las latitudes 28° y 28°30' S, provincia de Atacama. Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad de Chile, 213 p. Santiago.
- BOWEN, O.E. and GRAY, C.H., 1962. The Portland Cement Industry in California. Part I, en : Mineral Information Service, v. 15, n. 7, pp. 1-7. California.
- BOYNTON, R.S., 1966. Chemistry and Technology of Lime and Limestone. Interscience Publisher, 520 p. New York.
- CONN, H., 1974. Geología de la Hoja Chacritas, provincia de Atacama, Chile, escala 1:50.000. Memoria para optar al título de Geólogo. Univ. de Chile, 93p. Santiago.

- COOKE, G., 1976. Fertilizantes y sus usos. Montanar y Simon, 180 p. Barcelona.
- CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION(CORFO) e INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS(IIG), 1972. Informe final 1^{er}. Seminario Nacional de Recursos No Metálicos. Inédito, pág. irregular. Iquique.
- CORVALAN, J., 1974. Estratigrafía del neocomiano marino de la región al sur de Copiapó. Rev. Geol. de Chile, N°1, pp. 13-36, 8 figs. Santiago.
- FARRAR, E., CLARK, A.H., HAYNES, S.J., QUIRT, G.J. and CONN, H., ZENTILLI, M., 1970. K/Ar Evidence for the Post-Paleozoic migration of granitic intrusion foci in the Andes of Northern Chile. Earth and Planetary Science Letters, v. 10, pp. 60-66. North Holland Publishing Company.
- GAJARDO, A., 1978. Distribución de estratos calcáreos y evaluación de su potencial económico en la secuencia sedimentaria neocomiana, III Región, Chile. Tesis de grado para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, 174p. Santiago.
- FLEMING, R.F.S., 1972. Lime in the Steel Industry, en : Industrial Minerals and Rocks, N°56, pp. 9-15. London.
- MORTIMER, C., 1969. The geomorphological evolution of the Southern Atacama Desert, Chile. A Thesis submitted to the U. of London for the Degree of Doctor of Philosophy.

Department of Geology, University College, 283 p.
London.

- SEGERSTROM, K., 1960a. Geología del Cuadrángulo Quebrada Pai-
pote. Inst. Invest. Geológicas, Carta Geológica de
Chile, v. II, N°1, 35 p., 1 mapa. Santiago.
- SEGERSTROM, K., 1968. Geología de las hojas Copiapó y Ojos del
Salado. Inst. Invest. Geológicas. Boletín N° 24,
58 p., 1 mapa. Santiago.
- SEGERSTROM, K. y PARKER, R.L.. 1959. Geología del Cuadrángulo
Cerrillos, Inst. Invest. Geológicas, Carta Geológi
ca de Chile, v. I, N°2, 33 p., 1 mapa. Santiago.
- SERVICIO DE MINAS DEL ESTADO (SERMINAS), 1977. Anuario de la
Minería de Chile. Año 1977. 150 p. Santiago.
- SOPROCAL, CALERIAS E INDUSTRIAS S.A., s.f.. Cal Hidráulica.
Folleto de Promoción de Ventas, 1 p. Santiago.
- VICENTE, J.C., CHARRIER, R., DAVIDSON, J., MPODOZIS, A. y RI
VANO, S., 1973. La Orogénesis subhercínica; fase
mayor de la evolución paleogeográfica y estructural
de los Andes Argentino-Chilenos Centrales. Actas
V Cong. Geol. Argentino. Tomo V, pp. 81-98. Ar-
gentina.
- VILA, T., 1953. Recursos Minerales No Metálicos de Chile. 3^a. E-
dición Actualizada. Ed. Universitaria, 449 p. San-
tiago.