

Santiago, 8 12 Agosto de 1988

Departamento de Geología y Geofísica
Universidad de Chile



ANTECEDENTES SOBRE SEDIMENTITAS JURASICO SUPERIORES-CRETACICAS (?) Y VOLCANITAS CRETACICAS DE LA PRECORDILLERA DEL NORTE GRANDE DE CHILE, ENTRE LOS 21° Y 23° S.

TOMISLAV BOGDANIC C.* & REINHARD DÖBEL.**

* Depto. Geoc. Univ. del Norte. Antofagasta, Chile. En el presente,
Institut für Geologie, Freie Universität Berlin

** Institut für Geologie, Freie Universität Berlin. Altenstein-
strasse 34A. 1000 Berlin 33. Alemania Federal.

RESUMEN

Este trabajo presenta resultados preliminares de un estudio que se realiza en la región precordillerana del Norte de Chile (Sierra de Moreno-Sierra del Medio), entre los 21°-23°S /68°30'-69°30'W. Se estudian las relaciones entre los Sistemas Jurásico y Cretácico, a través de secuencias clástico-continetales rojas (Kimmeridgiano -Neocomiano?) y volcanitas que se disponen aparentemente concordantes sobre éstas últimas, y asignadas al Cretácico, alcanzando quizás hasta el Terciario Inferior (?). Las conclusiones más interesantes son:

- Concordancia, gradacional y/o tajante de la Unidad Inferior Continental con rocas marinas del Jurásico Superior (Oxfordiano-Kimmeridgiano).
- Grandes variaciones laterales en espesor, facies y ambientes, lo que indicaría un tectonismo muy activo y sincrónico a su depositación.
- Un importante sollevamiento de la cuenca jurásica, que habría provocado la activación de sistemas erosionales (ríos, abanicos aluviales, etc.). Este fenómeno se habría producido entre el Jurásico Superior y Neocomiano, o parte de él.
- Concordancia y/o leve discordancia de erosión (?) entre la unidad continental y volcanitas cretácicas (terciarias ?).

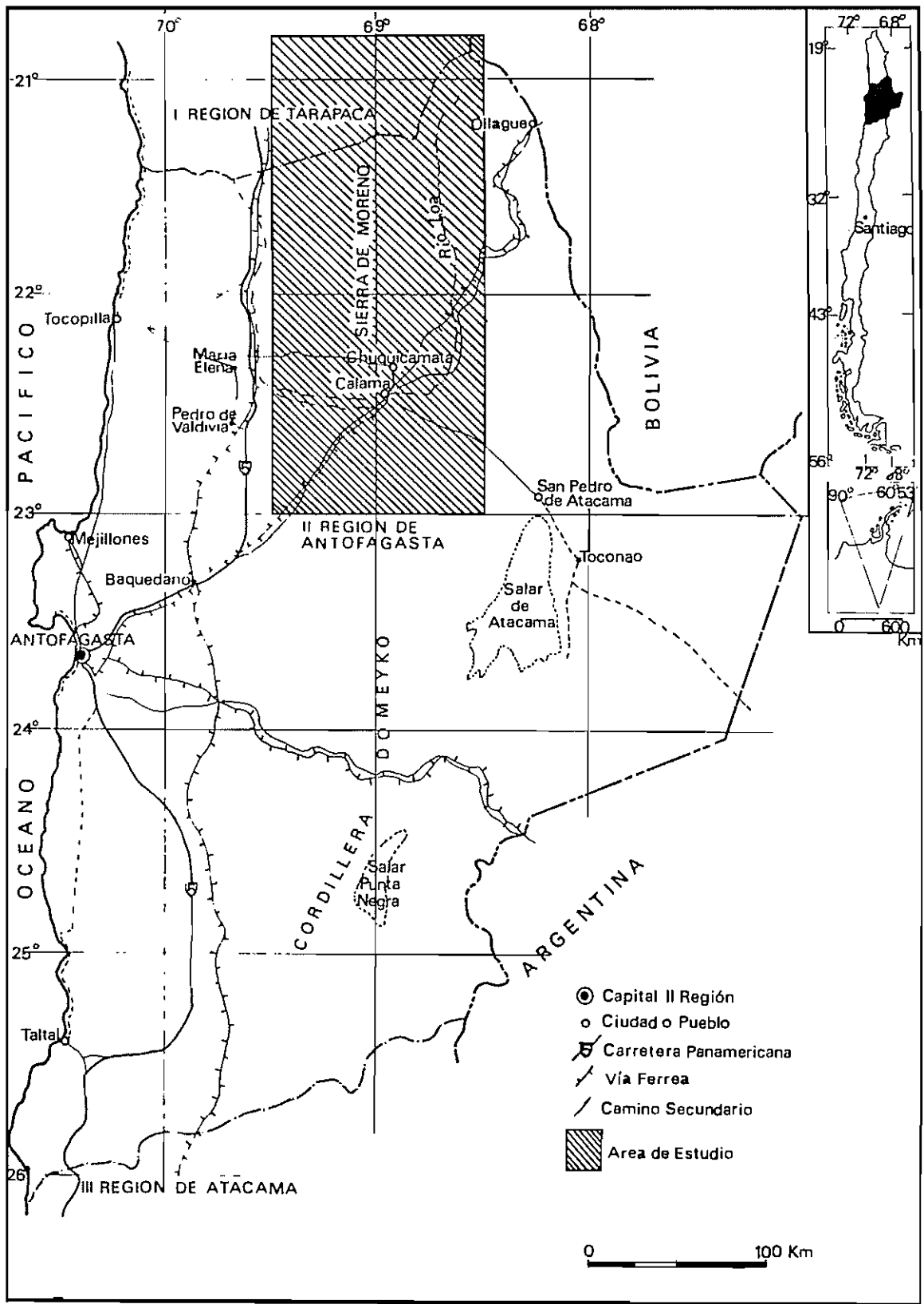


Fig.1 Mapa de Ubicación y accesos del Area de Estudio

INTRODUCCION

Este trabajo es una contribución al Proyecto PICG 242 "Marco Tectónico del Cretácico", y éstos son los primeros resultados de la investigación.

El área de estudio se ubica en la Precordillera (Sierra de Moreno-Sierra del Medio) de la II Región de Antofagasta, entre los 21°-23° S/68°30'-69°30'W. (fig.1). Los perfiles estudiados, de norte a sur son: Quebrada Guatacondo (en la parte occidental inferior de la quebrada), Quebrada ubicada a los 21°46'S/68°59'W (aproximadamente 3 km al sur de Quebrada Quinchamale), y Cerritos Bayos (inmediatamente al SSW de la Estación de F.F.C.C. del mismo nombre).

Los afloramientos estudiados corresponden a sedimentitas marinas en la base, continentales, clástico-volcánicas y volcánicas en el techo, que están definidas con distintos nombres formacionales de acuerdo a diferentes autores y localidades. Una correlación de estas unidades, ordenadas de norte a sur, se muestra en la fig.2.

Las rocas en estudio se pueden separar en dos grandes unidades: una Unidad Inferior Continental, constituida por sedimentitas clástico-continentales, marinas en su base; y una Unidad Superior Volcánica constituida por sedimentitas clástico-volcánicas y lavas. Ambas están concordantes entre sí y separadas a veces por una leve discordancia de erosión (?).

ANTECEDENTES GEOLOGICOS

La Precordillera Chilena entre los 21° y 23°, que comprende la Sierra de Moreno y Sierra del Medio; posee un esquema geológico muy completo el que, de manera muy simple puede resumirse de la siguiente forma (haciendo abstracción de nombres formacionales con el objeto de simplificar aun más el esquema).

Un basamento Precámbrico(?) -Paleozoico constituido principalmente por rocas metamórficas, sedimentarias, intrusivas y volcánicas; sobre las que se dispone una potente secuencia volcánica permo-triásica, en parte continental, y muy esporádicamente con intercalaciones marinas (VERGARA & THOMAS, 1984). Sobre estas rocas, principalmente sobre plutonitas del Paleozoico, se depositan sedimentitas marinas jurásicas (en el Sinemuriano y Bajociano) con abundante material fosilífero e intercalaciones volcánicas en el Sinemuriano, Bajociano y Caloviano. En el Oxfordiano Superior, aparecen depósitos evaporíticos, terminando el dominio marino con cuencas restringidas durante el Kimmeridgiano Inferior. A partir del Kimmeridgiano Superior -Tito-niano(?), se desarrollan potentes series clásticas y volcánicas que se disponen concordantemente sobre las sedimentitas marinas jurásicas, y a veces con una leve discordancia de erosión entre ellas (?). Estas unidades continentales y volcánicas se mantienen por lo menos durante todo el Cretácico y probablemente hasta el Terciario Inferior (?). Al

Terciario Inferior corresponden volcanitas ácidas con intrusivos asociados (Paleoceno-Eoceno) y sedimentitas clásticas continentales (Oligo-Mioceno Inferior); mientras que el Terciario Superior (Mioceno Superior) está representado sólo por volcanitas ácidas, que se disponen en discordancia de erosión sobre los sedimentos terrestres del Cretácico Superior (?)-Oligo-Mioceno Inferior.

En esta área las rocas paleozoicas están intensamente plegadas, mientras que las volcanitas y rocas marinas y continentales del Mesozoico presentan, en general, un plegamiento relativamente moderado, con desarrollo de anticlinales y sinclinales, pero en las cercanías de grandes fallas (transcurrentes-normales e inversas) producen pliegues apretados con flancos sub-verticales y, en algunos casos volcados. El plegamiento en esta área tiene ejes preferenciales N-S, con ejes NE-SW secundarios. Las unidades correspondientes al Cenozoico presentan normalmente una disposición horizontal a sub-horizontal, pero en algunos lugares (Quebradas Sichel y Quinchamale) hay pliegues apretados producto de la cercanía con grandes fallas y/o plegamiento de tipo flexural (?) producido por niveles evaporíticos (SKARMETA & MARINOVIC, 1981). Este estilo de plegamiento se debe a una intensa compresión que causa solevantamiento de rocas precámbricas y/o paleozoicas en diversos bloques limitados por fallas inversas y una deformación de la cobertura meso-cenozoica. Esta tectónica produce amplios pliegues anticlinales, en que en el núcleo afloran las rocas más antiguas (CHONG & REUTTER, 1985).

Las fallas corresponden a sistemas regionales, donde el más importante es el "Sistema Falla Oeste" (falla transcurrente longitudinal, REUTTER com. verbal), con rumbo variable entre NNW y NE y con manteos entre 60° y 80° al E y la vertical, que cruza toda la región en su parte oriental (Sierra del Medio), y a la que se asocian importantes yacimientos tipo cobre porfídico y zonas de alteración hidrotermal (RAMIREZ & HUETE, 1981). Otra estructura importante es una falla inversa de rumbo NNE-SSW y con manteo entre 50° y 60° al E, que corre a lo largo de la Sierra de Moreno, en la parte occidental del área, y que sobreescurre a rocas paleozoicas sobre mesozoicas.

Entre las discordancias, se observa un contacto de no-conformidad entre las plutonitas paleozoicas y volcanitas permo-triásicas por una parte, y sedimentitas marinas jurásicas por otra parte. Una discordancia angular separa las volcanitas permo-triásicas de las sedimentitas marinas jurásicas. Una leve discordancia de erosión (?) separaría las sedimentitas continentales y volcanitas, que se describen en este trabajo. Por último hay una discordancia angular entre los sedimentos continentales oligo-miocenos inferiores y rocas mesozoicas, o bien terciarias inferiores.

DESCRIPCION DE PERFILES

1) Quebrada Guatacondo.

La serie estudiada en este sector corresponde a una secuencia de sedimentitas pardo-rojas y volcanitas, constituidas por lutitas con intercalaciones de areniscas, andesitas, brechas andesíticas y tobas, que tienen un espesor mínimo de 3000 m. Esta secuencia se reconoce sobre yaciendo gradual y concordantemente a areniscas y pelitas gris-oscureas, en parte marinas, que contienen amonites en su parte basal (*Perisphinctes sp.*) y que son asignadas al Oxfordiano Medio-Superior (HÄBERER & REUTTER, 1986). El techo de esta secuencia es una discordancia angular con sedimentos terrestres del Oligo-Mioceno Inferior.

-a) Unidad Inferior Continental:

Es una serie clástico-continental de color pardo rojo que está formada por estratos decimétricos a métricos de lutitas, en parte lenticulares, caracterizadas por discordancias intraformacionales, estratificación cruzada planar y en artesa, "ripple-marks" asimétricos, laminación y estratificación "flaser". En estas pelitas existen intercalaciones de areniscas de grano medio a fino de forma lenticular y en capas de 2 a 3 m.

Para esta unidad inferior se han medido 2000 m de potencia en este lugar. En cuanto a su edad no se tienen antecedentes; sin embargo, en algunos niveles existen restos de flora y pisadas de vertebrados (Dinosaurios) de gran tamaño que, en el futuro, podrían aportar nuevos antecedentes al respecto. Su relación concordante sobre sedimentitas marinas del Oxfordiano Medio-Superior, hace suponer una edad tentativa Kimmeridgiano-Neocomiano (?) , para esta unidad.

-b) Unidad Superior Volcánica:

Es una secuencia compuesta por volcanitas. Su base es concordante y/o una leve discordancia de erosión (?) con la Unidad Inferior Continental. Su techo, en el área, es una discordancia angular con sedimentos terrestres del Oligo-Mioceno Inferior. Estas rocas son en su base brechas andesíticas masivas, con clastos sub-angulares a sub-redondeados de entre 5 y 50 cm de diámetro mayor, y de composición casi exclusivamente volcánica (andesítica y dacítica). La matriz es una andesita porfídica de color pardo-rojo a gris-verde, con fenocristales de plagioclasa. También ocasionalmente se encuentra en las volcanitas clinopiroxeno y hornblenda (rodeada de un halo de opacita). Por otra parte, frecuentemente estas especies primarias son parcial o totalmente alteradas por minerales tales como calcita, sericita, clorita, epidota y minerales opacos. En la parte media de esta secuencia se reconocen intercalaciones de tobas andesíticas y conglomerados, en capas de 2 a 3 m de potencia, con clastos redondeados a sub-redondeados de entre 2 y 40 cm de diámetro y composición mayoritariamente volcánica y algunos de rocas sedimentarias, en una matriz tobácea de color rojo y verde, con algunos fenocristales de plagioclasa. Hacia la parte superior continúan andesitas masivas , y en menor proporción, brechas an-

desíticas con fenocristales de plagioclasa y masa fundamental afanítica de color gris-verde. Los planos de estratificación son muy escasos, presentando las volcanitas un aspecto masivo.

Para esta unidad en este sector, se midieron 1000 m de potencia que se consideran como mínimos, ya que la serie se pierde bajo la cubierta de gravas modernas. Para su edad no existen antecedentes, sólo su posición estratigráfica sobreyaciendo a la Unidad Inferior Continental asigna su edad máxima como Cretácico Inferior. Su edad mínima estaría dada por su relación discordante con depósitos del Oligo-Mioceno, pero por correlación con unidades similares descritas en esta área (fig.2) se asigna esta unidad al Cretácico.

2) Area de Quebrada Quinchamale.

El perfil estudiado en este sector está conformado por una secuencia de rocas sedimentarias clásticas de color pardo-rojo (conglomerados y areniscas) y rocas clástico-volcánicas, que tienen en este lugar un espesor mínimo de 2000 m (fig.3). Esta secuencia sobreyace concordantemente a margas y yeso con fósiles del Oxfordiano Medio-Superior (*Perisphinctes sp.*) (MAKSAEV,1978). Su límite superior es una discordancia angular que la separa de sedimentos terrestres del Oligo-Mioceno Inferior.

-a) Unidad Inferior Continental:

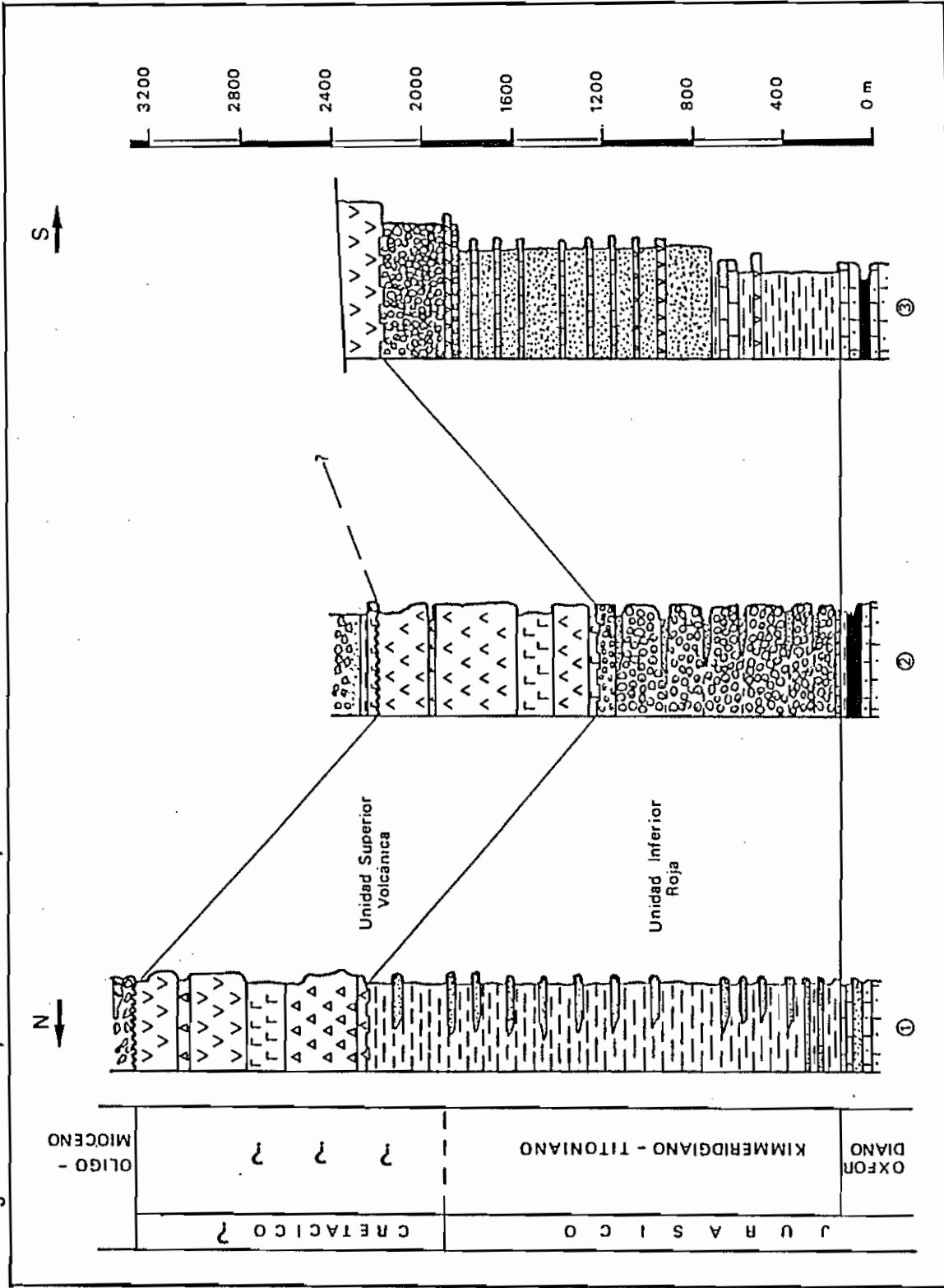
Esta unidad es clástico-continental y formada por conglomerados gruesos pardo-rojos, en estratos de entre 3 y 10 m de espesor, regularmente consolidados, clastos redondeados a sub-redondeados de hasta 50 cm de diámetro, pero con un tamaño promedio de entre 10 y 20 cm de diámetro y de composición mayoritariamente volcánica (andesitas y dacitas), en parte imbricados. La matriz corresponde a una arenisca gruesa, con calcita como cemento. En estos conglomerados se presentan intercalaciones lenticulares de areniscas rojas de grano grueso, en capas de 50 cm a 2 m de espesor, en parte con estratificación cruzada, pero generalmente mal preservada.

En este lugar se ha medido para estas rocas una potencia de 1000 m, pero hacia el N de esta área la secuencia aumenta su espesor, por lo que esta medida debería considerarse como mínima. En cuanto a su edad, el único antecedente existente es su posición estratigráfica, concordante sobre sedimentitas marinas del Oxfordiano Medio-Superior, por lo que su edad máxima sería Kimmeridgiano. Su edad mínima no es clara y es difícil de precisar, pero por su relación aparentemente concordante con la Unidad Superior Volcánica, y por correlaciones (fig.2), su edad mínima sería Cretácico Inferior(?). Por esto, se asigna esta unidad al Kimmeridgiano-Cretácico Inferior(?).

-b) Unidad Superior Volcánica:

Es una serie compuesta por tobas y aglomerados. Su base está dada por una toba de lapilli de color blanco-rosado, de 25 m de potencia, textura porfídica con fenocristales de biotita y hornblenda. Posee clastos líticos angulosos y de composición volcánica (andesitas y dacitas) y sedimentaria (areniscas y margas), con un tamaño de entre

Fig. 3 Columnas y correlaciones de perfiles



1. Oda. Guatacondo, 2. Area de Oda. Quinchamale, 3. Cerritos Bayos

0,2 y 5 cm. La parte media de esta unidad la componen aglomerados volcánicos con matriz tobácea de color verde y composición riolítica, similar a la toba basal. Los clastos son sub-redondeados a sub-angulosos y de tamaño variable entre 2 cm y 1 m de diámetro, pero el tamaño promedio es entre 20 y 30 cm de diámetro; su composición es casi exclusivamente volcánica y van desde dacitas hasta andesitas basálticas. Estos aglomerados se disponen masivamente, siendo muy escasos los planos de estratificación. Entre estos aglomerados se presentan intercaladas en su parte media y superior, capas de 2 a 10 m de potencia de tobas riolíticas (de lapilli y cenizas) y dacíticas, de color gris-rosado. En estas intercalaciones tobáceas es posible observar paleocanales con estratificación cruzada, estratificación gradada y, en parte, imbricación.

En este perfil se ha medido una potencia de 900 m para esta unidad volcánica. Su edad es difícil de poder precisar por lo que, su rango máximo estaría dado por su contacto aparentemente concordante (leve discordancia de erosión ?) con las sedimentitas clásticas de la Unidad Inferior Continental asignada al Kimmeridgiano-Cretácico Inferior(?). Su edad mínima está dada por la discordancia angular que la separa de sedimentos terrestres del Oligo-Mioceno Inferior. De acuerdo a ésto, esta unidad podría ubicarse en el Cretácico, alcanzando quizás hasta el Terciario Inferior(?).

3) Cerritos Bajos.

En este lugar el perfil estudiado está conformado por una secuencia de sedimentitas clásticas pardo-grises (lutitas, areniscas y conglomerados) e intercalaciones de volcanitas y calizas, que tienen en este lugar un espesor de 2400 m como mínimo (fig.3). Hacia los niveles superiores la secuencia está fallada y en parte intruída.

Estas rocas sobreyacen concordantemente a evaporitas y calcarenitas con fósiles del Kimmeridgiano Inferior. Su límite superior en este lugar no se observa y corresponde a la actual superficie de erosión (BAEZA,1976).

-a) Unidad Inferior Continental:

Esta unidad está compuesta por sedimentitas continentales, en parte marinas, con intercalaciones de calcarenitas y esporádicamente volcanitas (andesitas). En su base está compuesta por una alternancia de lutitas y limolitas pardo-grises finamente estratificadas, en estratos de 30 cm de espesor, en parte muy fisibles. En la parte media del perfil se intercalan calcarenitas pardo-verdes y existe también una andesita gris-verde, de 3 m de potencia. Hacia la parte media continúan areniscas rojas de grano fino a medio, en capas de 1 a 2 m de potencia, con abundante cuarzo y algunos clastos líticos volcánicos sub-redondeados (andesitas), siendo frecuente en estas areniscas la estratificación cruzada y algunos "ripple-marks" asimétricos. La matriz es muy escasa, prácticamente ausente, con hematita y calcita como cemento. El techo de la secuencia son conglomerados rojos, estratificados en bancos de entre 3 y 5 m de potencia. Sus clastos son mayoritariamente volcánicos (andesitas y dacitas), de forma sub-angular a

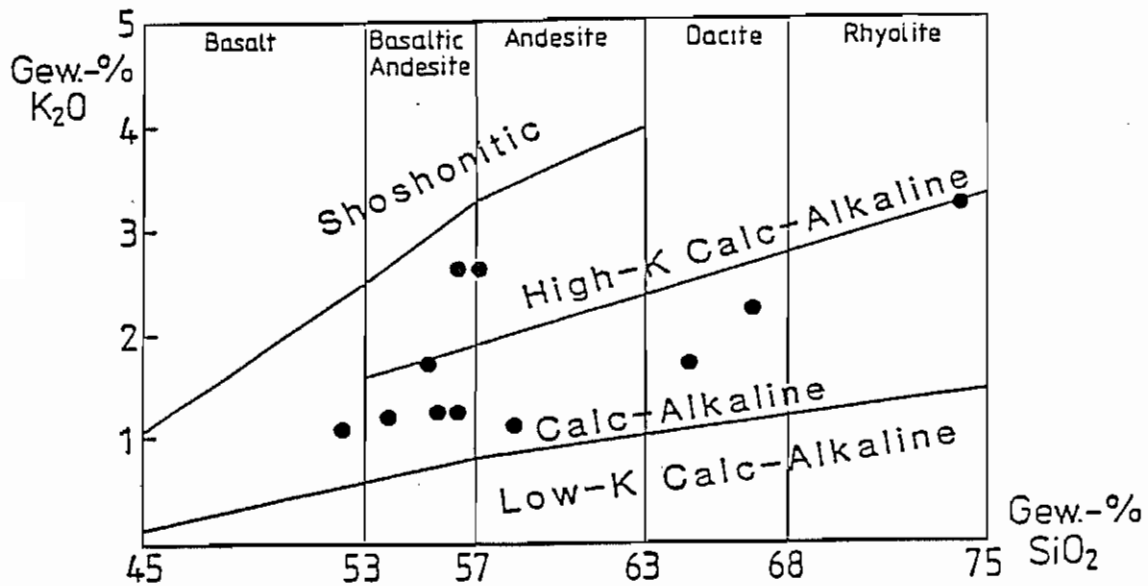


Fig.4. Diagrama de Variación K₂O-SiO₂, según PECCERILLO & TAYLOR (1976). Análisis para muestras que están no alteradas, o muy poco alteradas. Se trata predominantemente de volcanitas intermedias, calcoalcalinas, que se en parte están enriquecidas en K.

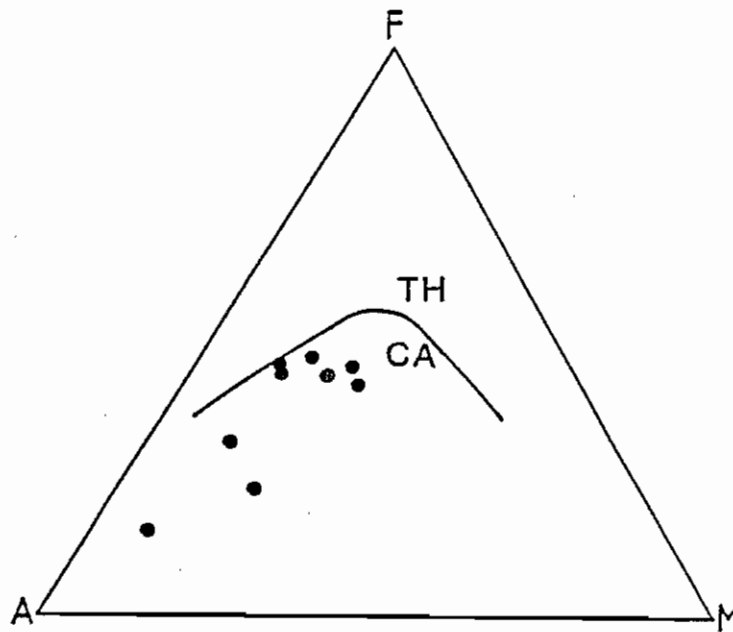


Fig.5. Diagrama AFM de volcanitas subalcalinas. A pesar del pequeño número de análisis, muestran claramente un comportamiento calcoalcalino. CA= calcoalcalino, Th= toleítico.

sub-redondeada y de hasta 50 cm de diámetro. La matriz es una arenisca roja de grano medio con abundante cuarzo, y cemento de hematita y, en parte, calcita.

Para esta Unidad Inferior Continental en este perfil se han medido 2200 m, que se consideran como mínimos. BAEZA (1976) señala un espesor mínimo de 1500 m para las lutitas basales en el sector de la Estación Cerritos Bayos. En cuanto a su edad, el único antecedente es su posición estratigráfica sobreyaciendo a calcarenitas del Kimmeridgiano Inferior, por lo que su edad máxima sería Kimmeridgiano Superior. Su edad mínima no es posible precisarla y corresponde a la base de la Unidad Superior Volcánica, a la que infrayace en concordancia y/o con una leve discordancia de erosión (?). Por este motivo, y por correlaciones con áreas adyacentes y unidades similares (fig.2), se asigna esta Unidad Inferior Continental al Kimmeridgiano Superior-Cretácico Inferior(?).

b) Unidad Superior Volcánica:

Corresponde a andesitas, brechas andesíticas y algunas intercalaciones de areniscas rojas. Las andesitas y brechas andesíticas son porfídicas y afaníticas y de color gris-verde. Las de tipo porfídico presentan cristales de plagioclasa (sericitizadas y albitizadas) y hornblenda (a menudo cloritizadas), en una masa fundamental afanítica de color gris-verde. Las brechas tienen clastos angulares a sub-angulares de hasta 30 cm de diámetro y de composición volcánica andesítica. Estas volcanitas se presentan en coladas de hasta 6 m de espesor. Esporádicamente también ocurren algunos niveles de areniscas en la base, de entre 50 cm y 1 m de espesor, en parte lenticulares.

En este perfil, en la parte occidental de la Carretera Antofagasta-Calama, se han medido para esta unidad 200 m que se consideran como mínimos, porque los afloramientos se encuentran limitados por un sistema de fallas en su parte superior, y en otros sectores este límite corresponde a la actual superficie de erosión. Su edad máxima es difícil de precisar y el único antecedente disponible es su relación estratigráfica sobreyaciendo concordantemente y/o con una leve discordancia de erosión (?) a la Unidad Inferior Continental del Kimmeridgiano Superior-Cretácico Inferior(?). En cuanto a su edad mínima es difícil determinarla, por esta razón y por correlaciones con unidades similares en el área (fig.2), se asignan estas rocas al Cretácico.

CONCLUSIONES

- En la región estudiada existe una franja continua de afloramientos, que se puede observar a lo largo de los flancos occidental y oriental de las Sierras de Moreno y del Medio. Esta franja se prolonga hacia el norte y sur del área de estudio, en donde sus facies cambian lateralmente (Cordillera de Domeyko).
- Estas rocas se han separado en dos unidades litoestratigráficas mayores, denominadas como: Unidad Inferior Continental y Unidad Su-

- perior Volcánica. La primera está constituida principalmente por lutitas, areniscas y conglomerados, con intercalaciones marinas en su base y volcánicas hacia la parte superior. Su potencia como mínimo es de entre 1000 y 2000 m o más.
- La Unidad Superior Volcánica está constituida principalmente por lavas, piroclastitas y diques, que muestran un quimismo intermedio, aunque también raramente ocurren basaltos y riolitas (fig.4). Los diques muestran un claro comportamiento calcoalcalino, que es típico para andesitas de una zona de subducción en un margen continental móvil (fig.5). Su potencia varía entre 500 y 1500 m o más, y se dispone concordante y/o con leve discordancia de erosión (?) sobre la Unidad Inferior Continental.
 - Esta Unidad Inferior sobreyace concordantemente a sedimentitas marinas del Jurásico Superior (Oxfordiano Superior y/o Kimmeridgiano Inferior). Mientras que la Unidad Superior Volcánica infrayace discordantemente a sedimentos terrestres del Oligo-Mioceno y/o Ignimbritas del Mioceno Inferior-Medio.
 - El único antecedente para asignar una edad a estas rocas es su posición estratigráfica. Su límite inferior concordante sobre rocas marinas fosilíferas del Jurásico Superior-Kimmeridgiano Inferior, permitiría asignarle una edad máxima como Kimmeridgiano Superior. Su edad mínima es difícil de establecer con precisión, ya que infrayace en discordancia angular a sedimentos terrestres del Oligo-Mioceno Inferior y/o Ignimbritas del Mioceno Inferior-Medio, esto implicaría que su edad mínima sería Pre-Oligoceno. De acuerdo a esto y a correlaciones con otras unidades en la zona (fig.2), estas secuencias podrían ubicarse dentro del rango Kimmeridgiano Superior-Cretácico, sin descartar para ellas una edad Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno).
 - La correlación de los perfiles (fig.3), demuestra que existen facies, potencia y ambientes diferentes para cada uno de ellos. Según esta correlación se podría decir que:
 - 1) Quebrada Guatacondo: Para este perfil, los rasgos sedimentológicos son comparables a facies distales de ríos entrecruzados o de llanura aluvial, descritas por MIALL (1978), RUST (1978), y READING (1986). Las siguientes características indicarían estas facies:
 - Lutitas rojas dominantes, frecuentemente laminadas horizontalmente y con un grado variable de fisibilidad.
 - El tipo de grano y la pigmentación roja de estas rocas demuestra una depositación por suspensión y en un ambiente subaéreo.
 - En estas lutitas, se encuentran huellas de Dinosaurios de gran tamaño, restos de bivalvos muy mal conservados (no marinos?), restos de plantas y troncos, y grietas de disecación, que evidenciarían un ambiente subaéreo con desarrollo de suelo y vegetación en las cercanías, quizás un pantano o lago.
 - Lentes de areniscas intercalados entre las lutitas, generalmente poco potentes, que se acuñan lateralmente, y que presentan una forma convexa hacia su techo.
 - Estructuras en estos lentes, como: estratificación cruzada, laminación paralela y ondulitas, demuestran flujos estacionales y que están perdiendo su velocidad al llegar a la llanura aluvial, lo que

comprueba que se trataría de canales entrecruzados depositados por flujo de ríos en la parte distal de una llanura aluvial.

- 2) Area de Quebrada Quinchamale: En este lugar las características litológicas y sedimentológicas demuestran la existencia de facies proximales de un abanico aluvial, según BULL (1977), NILSEN (1982), HARMS et al (1982), NEMEC & STEEL (1984), y RUST & KOSTER (1984). Los siguientes indicios indican la presencia de estas facies:
- Litológicamente corresponden casi exclusivamente a conglomerados de aspecto masivo, muy mal clasificados y que contienen un gran rango de tamaños de grano, "clast-supported".
 - Conglomerados muy inmaduros, con un gran rango de composición de los clastos.
 - Sedimentos de color rojo y sin ningún contenido de materia orgánica, por las condiciones oxidantes de la sedimentación.
 - Lentas de areniscas con estratificación cruzada acuñaándose lateralmente, que representan el relleno de canales.
 - Disminución del promedio de tamaño de grano hacia la parte superior de la secuencia.
 - Estas características evidencian que estos sedimentos fueron depositados a una distancia muy corta de su fuente de origen y mediante flujo de agua unidireccional, y de alta energía, en condiciones subaéreas.
 - Una diferencia de este perfil con los de Quebrada Guatacondo y Cerritos Bayos; es que aquí faltan las intercalaciones sedimentarias entre las volcanitas. En esta serie, las volcanitas son en su totalidad producto de un volcanismo explosivo (piroclastitas), en tanto que en los otros dos perfiles son preponderantemente lavas. Además se observa que las volcanitas de Quebrada Quinchamale se presentan en general frescas, en donde los fenocristales de máficos (píroxeno, hornblenda y biotita) están muy poco alterados, y la masa fundamental vítrea de las tobas ácidas prácticamente no ha sufrido ninguna desvitrificación. En las otras dos áreas (Quebrada Guatacondo y Cerritos Bayos) las volcanitas presentan una alteración fuerte de los fenocristales y de la masa fundamental.
- 3) Cerritos Bayos: Para este perfil, la litología y facies demuestran un marco de depositación diferente a las otras dos series, por lo menos en su parte inferior. Según estas características, la porción basal de la secuencia correspondería a las facies distales de un delta en abanico ("Fan-delta"), es decir, un abanico aluvial depositado directamente dentro de una masa acuosa (lago, mar u océano), según NILSEN (1982), READING (1986) y McPHERSON et al (1987). Las siguientes características apoyarían esta afirmación:
- Lutitas finamente estratificadas y laminadas, en parte con estratificación cruzada, de facies distales de un abanico aluvial o de llanura aluvial, a las que se le intercalan estratos marinos (calcarenitas con algunos restos de Ostreidae ?), y que serían la interdigitación entre los componentes distales del abanico aluvial y los sedimentos marinos poco profundos (plataforma).
 - Hacia la parte media y superior existen sólo depósitos subaéreos, correspondientes a areniscas de facies distales de abanicos aluviales, en la parte media a exterior de una llanura aluvial.

- Este fenómeno, además del incremento de base a techo en el tamaño promedio de grano de la secuencia, podría deberse a una regresión final del mar Jurásico (Kimmeridgiano) que ocupaba esta área, y que probablemente en esta región ocurrió de norte a sur. Esto último debido a que las secuencias continentales que afloran más al norte (Guatacondo y Quinchamale) se disponen directamente sobre capas marinas del Oxfordiano Superior.
- Una característica común para estos perfiles es que no existe una discordancia angular entre la Unidad Continental y la Unidad Volcánica, como igualmente se observa que los sedimentos y las volcanitas son deformados en conjunto. Esto significa que la tectónica que las afecta ocurrió después de la depositación de las volcanitas y antes del Oligo-Mioceno.
- Por otra parte, los antecedentes indican que para el sector de Cerritos Bayos el volcanismo habría comenzado durante el Jurásico (engranajes laterales), y se habría hecho extensivo hacia el Cretácico Inferior.

REFERENCIAS

- BAEZA, L.** (1976): Geología de Cerritos Bayos y áreas adyacentes entre los 22°30'-22°45'lat.S y los 68° 55'-69°25'long.W, II Región de Antofagasta, Chile. -Memoria de Título, Universidad del Norte, Depto. Geociencias, 155 p. Inédita. Antofagasta.
- BULL, W.B.** (1977): The alluvial fan environment. -Progress in Phys. Geography, 1, p.222-270. Arizona.
- CHONG, G. & REUTTER, K.J.** (1985): Fenómenos de tectónica compresiva en las Sierras de Varas y Argomedo. -In: Actas IV Congr. Geol. Chileno, Vol.4, 2/219-2/238. Antofagasta.
- FERRARIS, F.** (1978): Hoja Tocopilla, Región de Antofagasta. -Inst. Invest. Geol. Chile, Mapas Geol. Prelim. Chile, 3, 19 p. Santiago.
- GALLI, C.** (1957): Las formaciones geológicas en el borde occidental de la Puna de Atacama, sector de Pica, Tarapacá. -Minerales, 12, N° 56, p.14-26. Santiago.
- GALLI, C. & DINGMAN, R.J.** (1962): Cuadrángulos Pica, Alca, Matilla y Chacarilla, Provincia de Tarapacá. -Inst. Invest. Geol. Chile, Carta Geol. Chile, 7-10, 125 p. Santiago.
- GARCIA, F.** (1967): Geología del Norte Grande de Chile. -In: Simposium sobre el Geosinclinal Andino. -Soc. Geol. Chile, N° 3, Santiago, 1962, 138 p. Santiago.
- HÄBERER, H. & REUTTER, K.J.** (1986): Strukturgeologische und stratigraphische Untersuchungen im Bereich der Quebrada Guatacondo (21°S), Nordchile. -Berliner geowiss. Abh. (A), 66, I, 225-230, Berlin.
- HARMS, J.C., SOUTHARD, J.B. & WALKER, R.G.** (1982): Structures and sequences in clastic rocks. -Soc. Econ. Paleont. Miner., Short Course N° 9. Tulsa, Oklahoma.

- MAKSAEV, V.** (1978): Cuadrángulo Chitigua y sector Occidental del Cuadrángulo Cerro Palpana. -Inst. Invest. Geol. Chile, Carta Geol. Chile, 31, 55 p. Santiago.
- MARINOVIC, N. & LAHSEN, A.** (1984): Hoja Calama, Región de Antofagasta. - Serv. Nac. Geol. y Minería, Carta Geol. Chile, 58, 141 p. Santiago.
- McPHERSON, J., SHANMUGAM, G. & MOIOLA, R.J.** (1987): Fan-deltas and braid-deltas: Varieties of coarse-grained deltas. -Geol. Soc. Am. Bull., 99, p.331-340. Boulder.
- MIALL, A.D.** (1978): Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. -In: MIALL, A.D. (ed.). Fluvial Sedimentology. Can. Soc. Petrol. Geol. Memoir 5, p.597-604. Calgary, Alberta.
- NEMEC, W. & STEEL, R.J.** (1984): Alluvial and coastal conglomerates: Their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits. -In: KOSTER, E.H. & STEEL, R.J. (eds.). Sedimentology of gravels and conglomerates. Canadian Soc. Petrol. Geol. Memoir 10, p.1-31. Calgary, Alberta.
- NILSEN, T.H.** (1982): Alluvial fan deposits. -In: SCHOLLE, P.A. & SPEARING, D.R. (Eds.), Sandstone depositional environments. Am. Ass. Petrol. Geol., Memoir 31, p. 49-86. Tulsa, Oklahoma.
- PEC CERILLO, A. & TAYLOR, S.R.** (1976): Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonn area, northern Turkey. -Contr. Mineral. Petrol., 58, 63-81. Heidelberg.
- RAMIREZ, C. & HUETE, C.** (1981): Hoja Ollagüe, Región de Antofagasta. - Inst. Invest. Geol. Chile, Carta Geol. Chile, 40, 47 p. Santiago.
- READING, H.G.** (ed.) (1986): Sedimentary Environments and Facies. - Blackwells, 2nd Edition, 557 p., Oxford.
- RUST, B.R.** (1978): depositional models for braided alluvium. -In: MIALL, A.D. (ed.). Fluvial Sedimentology. Can. Soc. Petrol. Geol. Memoir 5, p.605-625. Calgary, Alberta.
- RUST, B.R. & KOSTER, E.H.** (1984): Coarse alluvial deposits. -IN: WALKER, R.G. (ed.). Facies Models (2nd edition). Geoscience Canada Reprint Series 1, p.53-69. Toronto, Ontario.
- SKARMETA, J. & MARINOVIC, N.** (1981): Hoja Quillagua, Región de Antofagasta. -Inst. Invest. Geol. Chile, Carta Geol. Chile, 51, 63 p. Santiago.
- VERGARA, H.** (1978): Cuadrángulo Quehuita y sector Occidental del Cuadrángulo Volcán Miño. Región de Tarapacá. -Inst. Invest. Geol. Chile, Carta Geol. Chile, 32, 44p. Santiago.
- VERGARA, H. & THOMAS, A.** (1984): Hoja Collacagua. Región de Tarapacá. - Serv. Nac. Geol. y Minería, Carta Geol. Chile, 59, 79 p. Santiago.