

ESTRATIGRAFIA DEL JURASICO Y CRETACICO DE LA CORDILLERA DE LA COSTA, AL SUR DEL RIO MAIPO, ENTRE MELIPILLA Y LAGUNA DE ACULEO (CHILE CENTRAL)

C. NASI
R. THIELE

Ser. Nac. Geol. y Min., Casilla 10465, Santiago.
Univ. Chile, Depto. Geol. y Geofís., Casilla 13518, Correo 21, Santiago.

RESUMEN

La secuencia estratificada que se distribuye al ESE de Melipilla ($33^{\circ} 40'$ a $34^{\circ} 00'$ Lat. S), hasta los cordones que circundan la laguna de Aculeo, muestra la existencia de dos ciclos de sedimentación marina, principales, coronados por intervalos continentales, durante la evolución geológica del Jurásico y Cretácico. Cerca de la base de esta columna se reconoce, por primera vez en la región, el Aaleniano superior, documentado por la presencia de ammonoideos de los géneros *Tmetoceras* y *Eudmetoceras*.

La serie con el piso aludido representa la extensión más austral, comprobada, de la Formación Cerro Calera, definida por Piracés (1976) al norte de Limache. Encima de esta unidad se reconocen, sucesivamente: la Formación Horqueta (asignada al lapso post-Bajociano-Malm); la Formación Lo Prado (asignada al rango Berriasiano-Hauteriviano); la Formación Veta Negra (asignada al rango Barremiano-Albiano); y la Formación Lo Valle (asignada a la parte inferior del Cretácico Superior).

En la columna estratigráfica se verifican, de norte a sur, variaciones laterales de facies que atestiguan importantes cambios de ambientes de sedimentación. Las características principales que permitieron a Thomas (1958) definir la Formación Las Chilcas, al norte de Santiago, desaparecen hacia el sur, donde las facies detríticas de ésta engranarían, longitudinalmente, con las facies volcánicas de la Formación Lo Valle que, de esta forma, tiene un desarrollo más potente en el área estudiada.

La evolución paleogeográfica está estrechamente ligada a la existencia de un arco volcánico, continental, activo, al menos desde el Aaleniano superior, asociado a una cuenca de depositación marina, desarrollada fundamentalmente al este del arco. Esta organización paleogeográfica se mantuvo prácticamente invariable, desde el Jurásico Medio al Cretácico Inferior; en el Cretácico Superior se produjo un cambio, marcado por la migración hacia el este del volcanismo y la desaparición de la cuenca marina, originándose, de esta forma, una sobreimposición paleogeográfica.

ABSTRACT

A Jurassic and a Cretaceous marine sedimentary sequence topped by continental intervals crop out ESE of Melipilla ($33^{\circ} 40'$ to 34° S Lat.) up to the ranges around Aculeo lake. Near the base of the column, the ammonite genera *Tmetoceras* and *Eudmetoceras* record, for the first time in the area, the Upper Aalenian. These rocks thus represent the southernmost known extension of the Cerro Calera Formation, defined by Piracés (1976) north of Limache.

The Horqueta (post Bajocian-Malm), Lo Prado (Berriasian-Hauterivian), Veta Negra (Barremian-Albian) and Lo Valle (early Upper Cretaceous) Formations are recognized up section.

Important changes in the sedimentary environment are recorded by lateral facies variations. The main characteristics used by Thomas (1958) to define the Las Chilcas Formation north of Santiago fade out towards the south, where its detrital facies are assumed to interfinger with thicker Lo Valle volcanic facies.

The paleogeographic evolution is closely related to the development of a continental volcanic arc, active at least since the Late Aalenian, and its back-arc marine basin. This framework was kept, practically unchanged, from the Middle Jurassic to the Lower Cretaceous. During the Late Cretaceous, volcanism shifted eastward and was superimposed on the marine basin.

INTRODUCCION

La estratigrafía de la Cordillera de la Costa de Chile Central (Región de Valparaíso y Región Metropolitana) revela la presencia de un basamento paleozoico, sobre el cual se apoyan, con discordancia angular, las secuencias meso-cenozoicas.

Lo primordial de esta estratigrafía fue formalmente establecido por Thomas, en 1958, en especial para los terrenos mesozoicos. Su estudio geológico-regional, entre el valle de La Ligua y la cuesta de Barriga (1958) (Fig. 1), le permitió definir varias formaciones dentro del rango Triásico Superior a Paleógeno, y mostrar, al mismo tiempo, un cuadro integrado de la columna estratigráfica allí representada. Los estudios geológicos y estratigráficos posteriores, realizados en el área y sectores aledaños, por otros autores (Aliste *et al.*, 1960; Levi, 1968; Tidy, 1970; Piracés, 1976; Piracés y Maksae, 1977; Covacevich y Piracés, 1976) (Fig. 1), comúnmente están planteados a partir del esquema lito y cronoestratigráfico de Thomas (*op. cit.*) que, de esta manera, ha sido modificado parcialmente al ser enmendadas algunas de sus formaciones originales. Con estos nuevos antecedentes se ha logrado presentar una columna estratigráfica actualizada, válida para la Cordillera de la Costa, entre los ríos Maipo y La Ligua, donde el cambio más relevante atañe al sistema Jurásico, especialmente analizado por Piracés (1976).

Respecto al conocimiento de esta misma columna, al sur del río Maipo, no existían, hasta la fecha, mayores antecedentes. Sólo se disponía de un perfil estratigráfico de la secuencia volcánica y sedimentaria, que aflora en el cordón de cerros entre Melipilla y la laguna de Aculeo, donde se habían reconocido algunos niveles de origen marino, del Neocomiano, que fueron considerados equivalentes a la Formación Lo Prado (*in* Muñoz Cristi, 1960). La otra información sobre la presencia de series neocomianas, en la Cordillera de la Costa, proviene de la localidad de Santa Cruz (Fig. 1) (180 km al sur del perfil de Melipilla), donde también se reconocieron niveles de origen marino, que fueron asignados al Valanginiense, en la base de la secuencia volcánica y sedimentaria, denominada informalmente "Estratos de La Lajuela" (*in* Vergara, 1969).

En cuanto a las secuencias de rocas que sobreyacen a los niveles atribuidos al Neocomiano, al

sur del río Maipo, éstas habían sido globalmente asignadas a las formaciones Veta Negra y/o Farellones (Corvalán y Dávila, 1964; Vergara, 1969; Charrier, 1973).

En el presente estudio, se pudo reconocer, por primera vez, gran parte de la columna estratigráfica actualizada, de la Cordillera de la Costa de Chile Central y demostrar su vigencia, al sur del río Maipo. Esta columna comprende las siguientes unidades:

Formación Lo Valle (Thomas, 1958); Cretácico Superior.

Formación Las Chilcas (Thomas, 1958); Cretácico Superior.

Formación Veta Negra (*sensu* Levi, 1968,); Cretácico Inferior.

— Miembro Noviciado

— Miembro Ocoa

— Miembro Purehue

Formación Lo Prado (enmend. Piracés, 1976); Neocomiano.

— Miembro Superior

— Miembro Inferior

Formación Horqueta (Piracés, 1976); Jurásico Medio-Superior.

— Miembro Santa Teresita

— Miembro Navío

Formación Cerro Calera (Piracés, 1976); Jurásico Medio.

— Miembro Los Rodeos

— Miembro La Cruz

En el área de estudio, se analizaron dos perfiles estratigráficos, detallados, levantados respectivamente en los cordones de cerros que se extienden al norte del estero Cholqui y de la laguna de Aculeo (Perfil Norte: co-autor R. Thiele) y al sur de estos mismos lugares (Perfil Sur: co-autor C. Nasi) (Figs. 1 y 3).

Se pudo comprobar, de esta manera, que existen variaciones laterales de facies y de espesor norte-sur, en las diferentes unidades litoestratigráficas allí expuestas. Algunas dificultades se presentan, sin embargo, para poder establecer una correlación completa entre ambos perfiles, a causa de las numerosas fallas subverticales que interrumpen, localmente, la continuidad de los estratos.

La situación estructural, en el área, está definida por la actitud general, homoclinal, que presenta

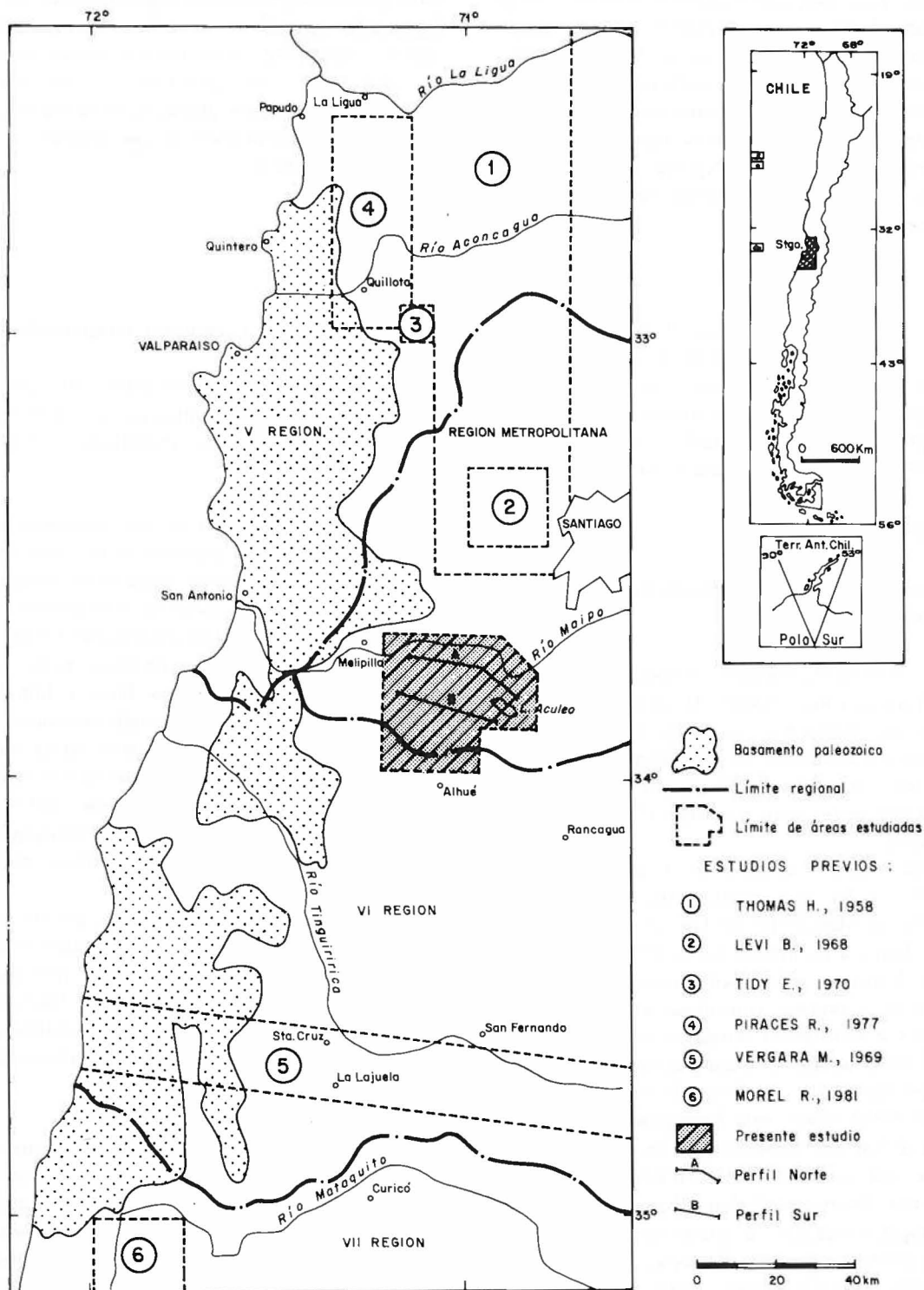


FIG. 1. Mapa de ubicación.

la secuencia, con rumbo general norte-sur y buzamiento al este, y por el sistema de fallas que la afecta. Los desplazamientos de las series, originados en estas últimas, no están cuantitativamente bien determinados y solamente existe control estratigráfico para el movimiento de algunas de las fallas. A pesar de ello y lo complejo que resulta ser el sistema, se sabe que no ocurrieron dislocaciones regio-

nales que hayan perturbado, significativamente, la disposición original de las series. Posibles repeticiones u ocultamiento de algunos niveles a causa de fallas locales, no modifican, en una medida importante, el espesor global de la secuencia, ni los resultados estratigráficos que derivan de la presente contribución.

ESTRATIGRAFIA

La secuencia estratificada, al sur del río Maipo, entre Melipilla y la laguna de Aculeo, comprende cinco unidades formacionales, que cubren el rango Jurásico Medio a Cretácico Superior (Figs. 2 y 3). Se aprecia, en ella, la notable recurrencia de ambientes marinos y volcánicos, subaéreos.

JURASICO

Formación Cerro Calera (Piracés, 1976), Aaleniano superior-Bajociano (?)

Se trata de un conjunto de rocas sedimentarias, clásticas, de origen marino, las que, por sus características litológicas, relaciones estratigráficas y contenido fosilífero, se identifican con la Formación Cerro Calera, definida por Piracés (1976), en el sector del cerro La Calera (120 km al norte del área).

Esta unidad corresponde a la más antigua, dentro de las aquí reconocidas, y aflora en la sección occidental del cordón de Culiprán (Perfil Sur), frente a las localidades de Pabellón y Manantiales. Infrayace, concordantemente, a un conjunto de lavas y brechas volcánicas, andesíticas, asignadas a la Formación Horqueta. La base no aflora en el área, ya que se encuentra obliterada por un cuerpo intrusivo, tonalítico, del Cretácico Superior. En el Perfil Norte, esta formación estaría representada por los afloramientos de rocas meteorizadas, que se observan inmediatamente al este del cerro Pucará, en la loma Las Tomas (Fig. 2). **Litología y espesor.** Las características litológicas en el Perfil Sur permiten distinguir, en la columna, tres secciones bien diferenciadas, de arriba hacia abajo, éstas son:

Sección superior:

Techo: Formación Horqueta

40 m de areniscas y areniscas conglomerádicas, amarillas.

120 m de areniscas gruesas, de color verde, que corresponden a volcalitarenitas, con intercalaciones de brechas volcánicas, andesíticas, y niveles tufíticos.

Sección media:

90 m de lutitas amarillas y negras, fosilíferas, finamente laminadas, y areniscas verdes, con estratificación pseudogradada. Estas facies contienen ammonites de los géneros *Tmetoceras* sp., *Eudmetoceras* sp. y *Holcophylloceras* (?) sp.

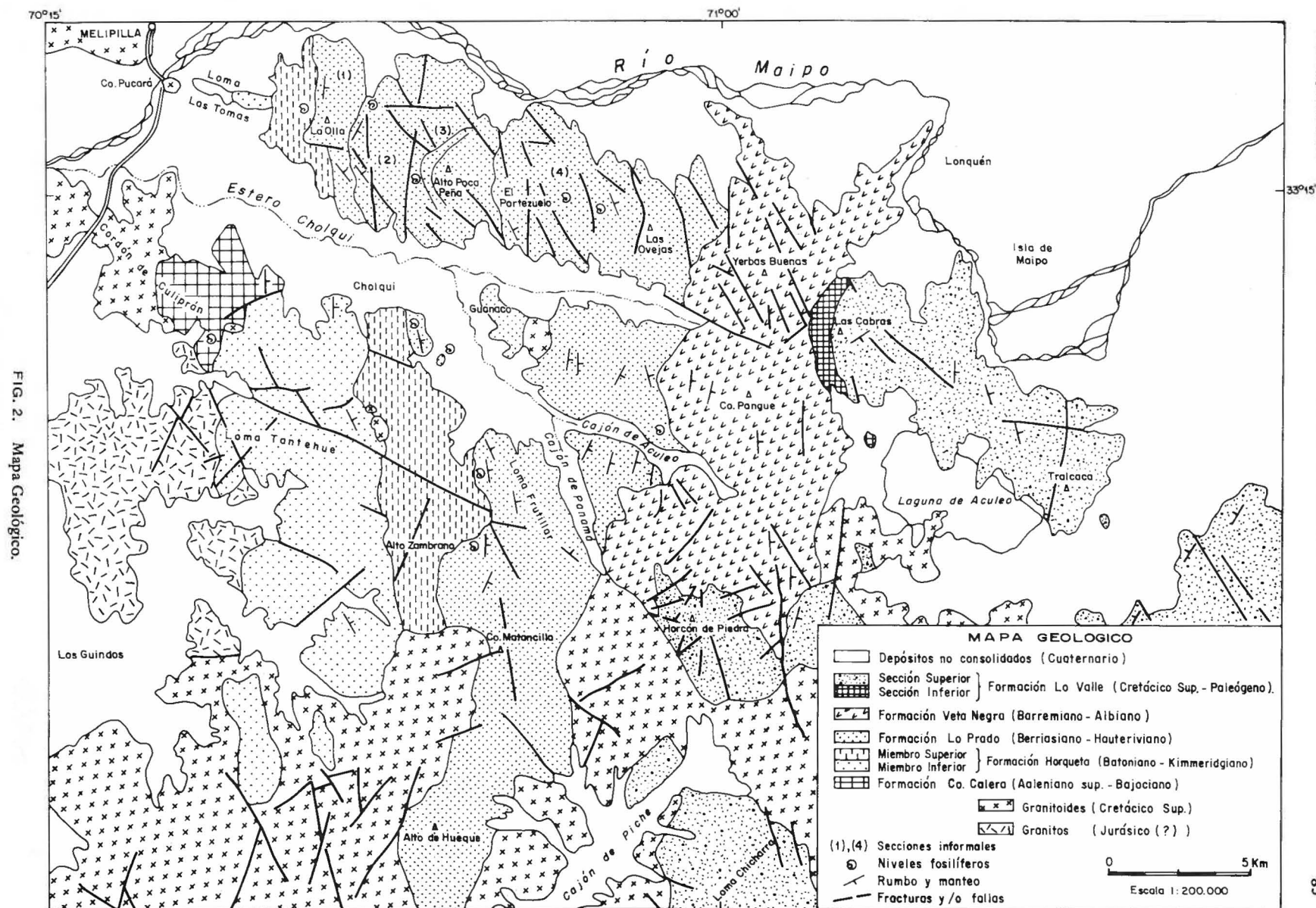
80 m de areniscas amarillas, de grano medio, con intercalaciones de areniscas finas y limolitas laminadas, y areniscas conglomerádicas de carácter lenticular. Las areniscas varían entre sublitarenitas cuarcíferas y litarenitas feldespáticas con cuarzo, constituidas por clastos de riolitas, dacitas y tobas vítreas, clastos graníticos y fragmentos de cuarzo ondulado, plagioclase y pertitas.

80 m de conglomerados polimícticos, gruesos, con un 70% de clastos de regular esfericidad y buen redondeamiento, entre los que se distinguen lavas afaníticas y porfíricas, granitos, tobas cristalinas y clastos silíceos, en una matriz (30%) correspondiente a una arenisca lítico-feldespática con algo de cuarzo.

Sección inferior:

350 m, aproximadamente, de areniscas y tufitas de grano fino y color verde, con intercalaciones de tobas. Las tufitas son muy abundantes y están constituidas por fragmentos de feldespatos y anfíbolos, en una matriz cinerítico-arcillosa. Base: cuerpo intrusivo de granitoides cretácicos. Espesor total: 760 m.

Es interesante destacar que las características litológicas, descritas para las secciones inferior y



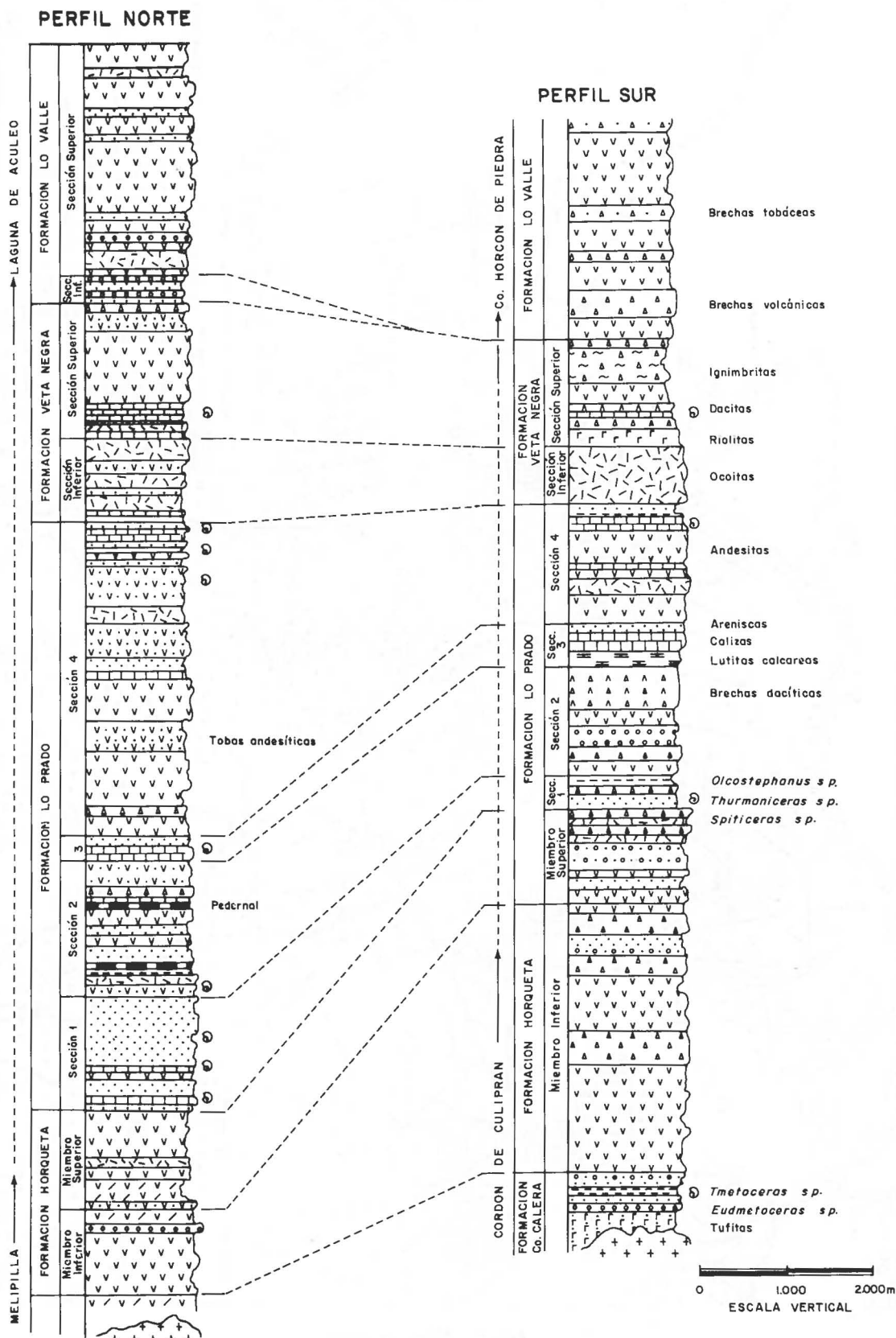


FIG. 3. Columnas estratigráficas, área al sur del río Maipo.

superior indican, fundamentalmente, un aporte de material de origen volcánico; y para la sección media, en cambio, se verifica un aporte de material casi exclusivamente granítico.

Edad y correlaciones. Dentro de la Formación Cerro Calera, se han encontrado dos formas de ammonoideos de valor cronoestratigráfico y una tercera cuyo biorango no permite precisar una edad relativa. Estas formas determinadas por V. Covacevich (com. verbal) son: *Tmetoceras* sp., *Eudmetoceras* sp. y *Holcophyloceras* (?) sp. Westerman (1980), describió la asociación *Eudmetoceras-Tmetoceras*, como esencialmente indicativa del Aaleniano superior (zonas del *murchisonae* a *conca*). Este rango es similar al propuesto, con anterioridad, por von Hillebrandt (1972, 1973), para el norte de Chile y centro-oeste de Argentina.

En conclusión, se puede asignar a los niveles fosilíferos de la Formación Cerro Calera, en este sector, una edad aaleniana superior. La sección superior de la columna, compuesta de rocas sedimentarias, que se desarrollan encima de los niveles fosilíferos, permite suponer, en forma tentativa, la presencia del Bajociano, por lo que la edad de esta formación, en el área estudiada, se estima en un rango Aaleniano superior-Bajociano.

Los tipos litológicos que componen la Formación Cerro Calera, en este sector, se asemejan, notablemente, al Miembro La Cruz de esta misma unidad, en su localidad tipo, asignado al Bajociano medio (Piracés, 1976). Asimismo, esta unidad se identifica con la "Unidad C1", descrita por Tidy (1970), en el sector del cerro La Campana y asignado por dicho autor al Bajociano medio-superior (Fig. 4).

Destaca la ausencia, en el área de estudio, del Miembro Los Rodeos, que existe en la localidad tipo de la Formación Cerro Calera. Respecto a este miembro, Piracés (1976) mencionó su cambio de facies de norte a sur, de manera tal que adquiere un carácter más arenoso y tobáceo, con una fuerte disminución de las rocas carbonatadas hacia el sur. En el sector del cerro La Campana, las características que permitieron definir este miembro, en su localidad tipo, ya no se observan (Fig. 4).

Formación Horqueta (Piracés, 1976), post-Bajociano a pre-Berriasiano

Está representada por una franja continua de afloramientos que se extiende entre la loma Las

Tomas (Carmen Bajo), por el norte, y el Cajón del Rey, por el sur. Se trata de una secuencia de rocas, principalmente volcánicas y volcano-clásticas, de posible origen continental que, por sus características litológicas y relaciones estratigráficas, se ha asignado a la Formación Horqueta, de acuerdo con la definición entregada por Piracés (1976).

Esta unidad se dispone, concordantemente, sobre la Formación Cerro Calera (marina) e infra-yace, de igual forma, a la Formación Lo Prado (marino-continental).

Litología y espesor. Esta formación ha sido bien reconocida en el Perfil Sur, donde es posible separarla en dos miembros. En el Perfil Norte, las rocas pertenecientes a esta unidad están más meteorizadas y no se detecta, con claridad, el límite entre ambos miembros.

Miembro Inferior. Está particularmente bien expuesto entre los cerros Culiprán y Romazas, inmediatamente al sur de Manantiales y Cholqui (Perfil Sur).

En este sector, lo constituyen, de arriba hacia abajo:

Techo: Miembro superior (Formación Horqueta)
100 m Andesitas de clinopiroxeno, gris-verdosas.

Falla

100 m Andesitas porfíricas, gris-verdosas, con masa fundamental intergranular, cloritizada. Fenocristales de plagioclasa casi completamente sericitizada y cloritizada y clinopiroxeno maculado y escasamente alterado.

230 m Lavas andesíticas, brechosas, verdes, con clastos andesíticos de hasta 10 cm de diámetro.

80 m Areniscas feldespáticas, finas, y limolitas arcillosas, verdes y amarillas, finamente laminadas y silicificadas, con intercalaciones de niveles carbonosos, finos, de 1 cm de espesor.

80 m Areniscas conglomerádicas, pardo-amarillentas, constituidas por clastos andesíticos, alterados a sericita, clorita y calcita, con una matriz correspondiente a volcalitarenitas feldespáticas y un cemento compuesto por calcita y clorita secundarias.

60 m Conglomerados pardo-rojizos, con 30% de clastos andesíticos, porfíricos y afaníticos, grises y violáceos, y dacíticos, fluidales, blanquecinos, de tamaño entre 0,5 y 10 cm, incluidos en una matriz arenosa, gruesa.

200 m Brechas volcánicas, verdes con un 30% de clastos volcánicos, porfíricos y afaníticos, violáceos a grises, de 2-2,5 mm de diámetro, en una matriz fuertemente cloritizada.

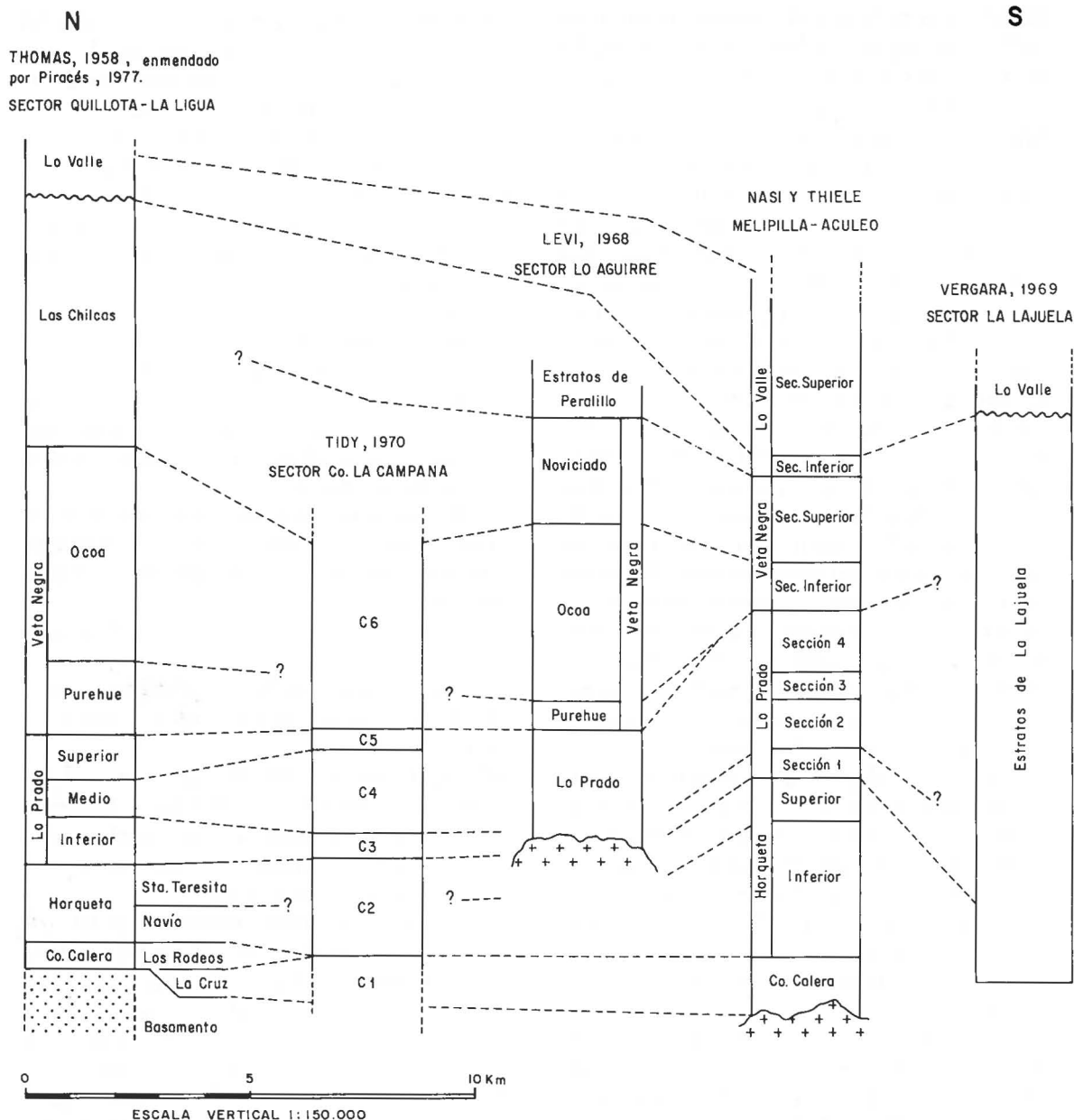


FIG. 4. Correlaciones regionales Cordillera de la Costa, Chile Central.

90 m Andesitas porfíricas, gris-verdosas.
70 m Areniscas amarillas y grises, finas, laminadas.
470 m Andesitas porfíricas violáceas y gris verdosas.
400 m Brechas volcánicas, andesíticas, color verde pálido.
1.200 m Afloramientos discontinuos de andesitas porfíricas, gris-violáceas, andesitas brechosas y ocoitas grises, con al menos una intercalación

de brechas sedimentarias, rojas. Las andesitas presentan una masa fundamental intersertal (20%), con microlitas de plagioclasa, gránulos de máficos y opacos, silicificados y cloritizados. Los fenocristales son de plagioclasa tipo andesina, sericitizada y cloritizada, y hornblenda cloritizada.

Base: Formación Cerro Calera.

Espesor total: 3.080 m

Se puede destacar, en la litología de este miembro inferior, que las intercalaciones de rocas sedimentarias disminuyen, notablemente, de norte a sur.

Miembro Superior. Aparece bien expuesto en el sector del cerro La Patagua y entre los cerros Alto de Zambrano y Piedra de Afilar (Perfil Sur). En el cerro La Patagua lo constituyen, de arriba hacia abajo:

Techo: Formación Lo Prado

370 m Ocoitas violáceas, con 25% de plagioclasa, de hasta 1,5 cm, en una masa fundamental afanítica, y andesitas porfíricas, violáceas, con intercalaciones de andesitas afaníticas, grises, y brechas volcánicas, rojas y verdes.

80 m Brechas sedimentarias, gruesas, con clastos de andesitas, tobas y ocoitas subredondeadas, en una matriz de volcarenita feldespática.

40 m Areniscas rojas, correspondientes a feldsarenitas, líticas, con 60% de clastos de rocas volcánicas, recrystalizadas, y fragmentos de feldspatos de 0,2-0,5 mm, subredondeados, incluidos en un cemento silíceo, recrystalizado.

400 m Brechas sedimentarias, gruesas, de color rojo, en las que se intercalan 90 m de andesitas porfíricas, violáceas.

40 m Areniscas rojas, de grano medio a grueso, con 40% de clastos líticos, angulosos, y fragmentos de feldspatos de 1 mm de tamaño promedio. La matriz (60%) es arenosa, fina, con abundante hematita.

70 m Andesitas porfíricas, violáceas, con 20-25% de fenocristales de plagioclasa, en una masa fundamental afanítica, rica en hematita.

Base: Miembro inferior (Formación Horqueta).
Espesor total: 1.000 m

Entre los cerros Alto de Zambrano y Piedra de Afilar este miembro presenta, de arriba hacia abajo:

Techo: Formación Lo Prado

460 m Andesitas porfíricas, color gris oscuro, en parte ocoíticas.

170 m Andesitas porfíricas, violáceas, con un 40% de fenocristales de plagioclasa y máficos alterados, en una masa fundamental afanítica, epidotizada.

70 m Lavas brechosas con fuerte alteración hidrotermal, de color gris-blancuecino y pigmento rojizo.

Falla

380 m Brechas tobáceas, gruesas, con 20% de clastos de andesitas rojas, de 0,5-10 cm de diá-

metro; 15% de fragmentos de plagioclasa y 3% de máficos, en una matriz lítico-cristalina (60%), con intercalaciones de tobas y andesitas vesiculares, rojizas.

Base: Miembro inferior (Formación Horqueta)

Espesor total: 1.080 m

De las características litológicas, expuestas en las localidades descritas, se desprende una importante variación lateral de facies dentro de este miembro. La relación rocas volcánicas, lávicas/rocas volcanoclásticas, en el cerro La Patagua, es aproximadamente de 1:1, mientras que, hacia el sur, esta relación es de 2:1.

La potencia estimada para la Formación Horqueta, en el área estudiada, es de 4.300 m en el sector del cordón de Culiprán. Hacia el norte y sur, donde se desconoce su base, se han estimado espesores de 2.000 m y 3.500 m, respectivamente.

Edad y correlaciones. En esta unidad no se han encontrado fósiles que permitan asignarle una edad relativa. Sin embargo, en base a sus relaciones estratigráficas, ella se puede acotar entre el Bajociano y el Neocomiano, debido a que esta formación se apoya sobre la Formación Cerro Calera, de edad aaleniana superior-bajociana (?), e infrayace a la Formación Lo Prado que, en el área de estudio, tiene una edad berriasiana-hauteriviana.

Hacia el norte, esta unidad se correlaciona con la secuencia descrita y definida por Tidy (1970), en las cercanías del cerro La Campana como "Unidad C2" (Fig. 4).

En su localidad tipo (entre la cuesta El Melón y Limache) la Formación Horqueta consta de dos miembros (Piracés, 1976). El miembro superior, denominado Santa Teresita, es litoestratigráficamente equivalente al miembro superior, definido en el área del presente estudio; el miembro inferior o Navío, en la localidad tipo, se identifica con el miembro inferior de la Formación Horqueta, en el área de Melipilla, aun cuando, en este último sector, está conformado, principalmente, por andesitas en lugar de rocas queratófíricas, como ocurre en el norte.

Hacia el sur, la Formación Horqueta puede correlacionarse sólo en términos generales, lito y cronoestratigráficamente, con la sección inferior de la unidad denominada informalmente "Estratos de la Lajuela" (Muñoz Cristi y Karzulovic, 1958). Esta sección inferior está constituida por 150 m de areniscas y lutitas, gris-verdosas, sobre las cuales hay coladas volcánicas, queratófíricas, brechas y

tobas verdes, las que, a su vez, infrayacen a una sección superior, sedimentaria, marina, con ammonites del Valanginiano (*in* Vergara, 1969).

Más al sur aún, esta unidad litoestratigráfica estaría representada, al noreste de Curepto, por el conjunto de lavas y brechas, andesíticas y dacíticas, con intercalaciones de niveles sedimentarios, marinos, que Morel (1981) definió como Formación Altos de Hualmapu.

AMBIENTE DE SEDIMENTACION DURANTE EL JURASICO

Durante el Aaleniano-Bajociano (?) (Formación Cerro Calera) se verifica, en el área, un ambiente de sedimentación marina, tectónicamente inestable, asociado a una actividad volcánica intermitente. Durante este lapso se producen aportes de material volcánico, piroclástico y granítico, alternadamente.

El aporte volcánico es acompañado de un rápido soterramiento, en un ambiente de aguas tranquilas, como lo indican la escasa madurez textural y composicional de los sedimentos y su fina laminación.

El aporte de material, fundamentalmente granítico, verifica un cese del volcanismo y una acción erosiva profunda, hasta el zócalo paleozoico. Además, se detectan condiciones ambientales diferentes, como ser, variaciones en la profundidad del fondo, que van desde litorales con alta energía (conglomerados) a infralitorales de menor energía (areniscas y lutitas laminadas), y cambios de corrientes locales, demostrados por los lentes de conglomerados en facies arenosas.

Tanto la madurez textural y composicional de los sedimentos, como la presencia de fósiles bentónicos, sugieren una sedimentación lenta, con escasa turbidez y retrabajamiento del material.

Con posterioridad al Bajociano(?) se produce, en el área, una regresión marina, dando paso a un ambiente subaéreo, marcado por una intensa actividad volcánica (Formación Horqueta). Este período se caracteriza por una gran acumulación de lavas y brechas, fundamentalmente andesíticas, en condiciones subaéreas. Los niveles sedimentarios, intercalados en el miembro inferior de esta formación, presentan características litológicas y estructuras primarias, similares a los sedimentos de la Formación Cerro Calera, sugiriendo, por tanto, un ambiente de depositación subacuática, que

podría interpretarse como transicional o lagunar, remanente del ambiente marino preexistente.

Las condiciones imperantes durante la depositación de las rocas del miembro superior de la Formación Horqueta, en cambio, reflejan un ambiente francamente continental, subaéreo, con episodios de erosión y rápida acumulación de sedimentos gruesos, mal clasificados, en un ambiente oxidante.

CRETACICO

Formación Lo Prado (enmend. Piracés, 1976), Berriasiano superior-Hauteriviano

Está constituida, en el área de estudio, por rocas sedimentarias, marinas, fosilíferas, y rocas volcánicas y volcanoclásticas, de carácter andesítico a riolítico. La secuencia descansa, concordantemente, sobre la Formación Horqueta e infrayace, en igual forma, a la Formación Veta Negra.

Esta unidad se encuentra bien expuesta en el Perfil Norte, entre el cerro La Olla y el morro Las Ovejas y entre Cholqui y el monte de Los Yuyos en el Perfil Sur (Fig. 2).

Litología y espesor. En la zona de estudio, la Formación Lo Prado se puede separar en cuatro secciones informales. De más antigua a más joven, estas son:

Sección 1. En el Perfil Norte, esta sección está expuesta en el cerro La Olla, donde alcanza, aproximadamente, 1.500 m de espesor. Se compone, esencialmente, de areniscas con clastos graníticos, conglomerados finos, con bancos de calizas intercaladas y lutitas, a veces fosilíferas, pero con una fauna pobre y mal conservada.

Estos niveles contienen especies de *Paradontoceras Oppeli* (Kilian) Ber., *Spiticeras* sp., *Substeuroidoceras* sp. y otros, determinados por Tavera (1958).

En el Perfil Sur aparece, parcialmente expuesta con un espesor de 400 m, entre el sector de Campanario y el cerro La Patagua, donde se han encontrado las formas fósiles de valor cronoestratigráfico.

En este sector afloran areniscas feldespáticas, lutitas y limolitas finamente laminadas, areniscas conglomerádicas, con intercalaciones escasas de brechas andesíticas, verdosas. Estos niveles contienen ammonoideos de los géneros *Spiticeras* (Kilianiceras) sp., *Cuyanicerias* sp., *Thurmaniceras* sp. más *Buchia* sp. y escamas de peces.

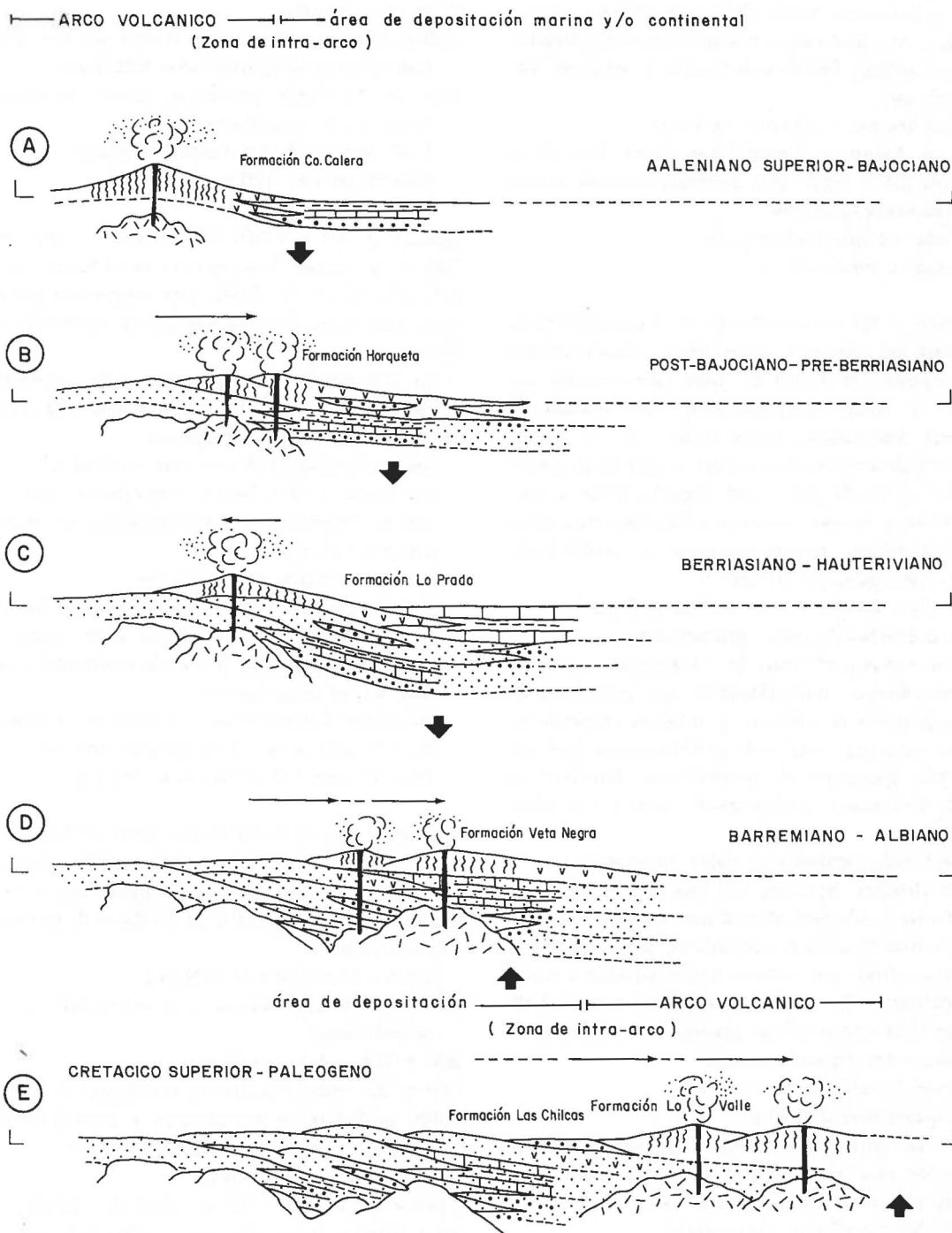


FIG. 5. Esquema de organización y evolución paleogeográfica.

En el sector de la loma Frutillar, se reconocen, de arriba hacia abajo:

- Techo: Sección 2 (Formación Lo Prado)
 60 m Areniscas feldespáticas, cuarcíferas, amarillentas, con intercalaciones de lutitas silicificadas.
 60 m Lutitas y limolitas laminadas y, en parte, silicificadas.
 100 m Brechas volcánicas, dacíticas.
 180 m Areniscas feldespáticas, finas, de colores amarillo y verde, con intercalaciones de lutitas finamente laminadas.
 Base: Formación Horqueta
 Espesor total: 400 m

Sección 2. En el Perfil Norte, se la reconoce entre la loma del Litre y el cerro Peinado, donde alcanza un espesor de 1.900 m. Está caracterizada por lavas y tobas queratófíricas, con abundantes filones andesíticos, intercalados. En la mitad inferior alterna con abundantes niveles de areniscas.

En el Perfil Sur, esta sección alcanza sólo 1.200 m y ha sido descrita entre los cerros Guanaco y Salvial, donde aparecen, de arriba hacia abajo, los siguientes niveles:

- Techo: Sección 3 (Formación Lo Prado)
 500 m Brechas dacíticas, gris-rosadas.
 140 m Lavas porfíricas, de color rosado a blanco-amarillento, amigdaloidales, que contienen fenocristales de andesina y máficos cloritizados.
 70 m Andesitas porfíricas, grises oscuras, con una masa fundamental desvitrificada, fenocristales de andesina y amígdalas de cuarzo, subredondeadas.
 60 m Brechas andesíticas, color verde oscuro.
 30 m Brechas dacíticas, con una matriz alterada a clorita y calcita; fenocristales de albita.
 40 m Areniscas conglomerádicas, calcáreas, fosilíferas, color gris oscuro. Corresponden a volcarenitas de cemento esparítico, con un 20% de clastos volcánicos, graníticos, cuarzo engolfado y feldespato potásico.
 Base: No aflora en este sector.
 Espesor parcial: 840 m
 En la loma Frutillar aflora solamente la parte basal de esta Sección 2 que, en esta parte, está constituida de arriba hacia abajo por:
 Techo: No aflora en este sector.
 80 m Conglomerados finos, rojos, areniscas feldespáticas, verdes, con estratificación gradada y areniscas cuarcíferas amarillentas.
 70 m Arcillolitas grises, en parte fosilíferas, con

intercalaciones de areniscas, en parte conglomerádicas.

- 30 m Brechas tobáceas, grises y rojizas.
 50 m Ocoitas grises.
 100 m Brechas volcánicas, gris-verdosas, con intercalaciones de conglomerados brechosos.
 160 m Andesitas porfíricas, grises, levemente brechosas y amigdaloidales.
 Base: Sección 1 (Formación Lo Prado)
 Espesor parcial: 490 m.

Sección 3. En el Perfil Norte, esta sección tiene 200 m de espesor y se observa en el flanco oeste del Alto Poca Peña, donde está constituida por calizas y areniscas, con una fauna muy pobre (*Pecten* sp.).

En el Perfil Sur, ha sido reconocida con 490 m de potencia, en el cerro Salvial, donde está representada, de arriba hacia abajo por:

- Techo: Sección 4 (Formación Lo Prado)
 Areniscas feldespáticas, cuarcíferas, con cemento micrítico e intercalaciones de lutitas grises, laminadas.
 Lutitas calcáreas, grises oscuras.
 Biomicritas con 10% de líticos volcánicos, plagioclasa y cuarzo y 80% de algas calcáreas, tallos de crinoideos, placas de equinodermos y fragmentos de moluscos.
 Areniscas feldespáticas con cemento calcáreo, de color gris oscuro y estructuras laminadas.
 Base Sección 2 (Formación Lo Prado)

Sección 4. En el Perfil Norte, entre el Alto Poca Peña y Morro Las Ovejas, esta sección contiene fragmentos de *Anomia* sp., *Lingula* sp. y *Cerithium* sp. La sección alcanza 3.000 m de potencia y la componen:

- Techo: Formación Veta Negra
 650 m Areniscas y calizas, con intercalaciones de queratófiros.
 800 m Tobas de queratófiros.
 200 m Areniscas y pedernal, con lentes de lutitas.
 1.500 m Tobas de queratófiros y lavas fluidales.
 Base: Sección 3 (Formación Lo Prado)
 Espesor parcial: 3.150 m
 En el Perfil Sur, entre el monte los Yuyos y el cerro Pangue, la sección tiene 1.800 m de espesor y se compone de:
 Techo: Formación Veta Negra
 140 m Areniscas lítico-feldespáticas, verdes, de grano medio a grueso, fosilíferas, y lutitas fisi-

bles, amarillas y grises, laminadas, con restos vegetales.

80 m Calizas microesparíticas y areniscas verdosas, de grano medio. Algunos niveles calcáreos corresponden a bioesparitas recristalizadas, que contienen clastos de andesitas y fragmentos de plagioclasa. Los bioclastos corresponden a algas silicificadas, restos de moluscos y placas de equinodermos.

70 m Andesitas porfíricas, gris-verdosas.

40 m Calizas microesparíticas, bioclásticas, arenosas, grises, con 4% de fragmentos orgánicos, 10% de feldespatos y 10% de líticos.

390 m Andesitas porfíricas, gris-verdosas.

40 m Calizas micríticas, con matriz arcillosa.

100 m Andesitas porfíricas, gris-verdosas, con 15% de plagioclasa, 5% de máficos y una masa fundamental afanítica, cloritizada.

180 m Andesitas ocoíticas, grises, con masa fundamental intergranular (70%) y fenocristales de andesina y augita, con alteración a clorita y epidota.

110 m Andesitas porfíricas, grises, con 20% de fenocristales de plagioclasa, en una masa fundamental afanítica.

260 m Andesitas de color verde pálido, masa fundamental traquítica y fenocristales de plagioclasa albitizada, alterada a epidota.

Base: Sección 3 (Formación Lo Prado)

Espesor parcial: 1.410 m

La potencia total de la Formación Lo Prado, en el área, es variable. En el Perfil Norte se han estimado hasta 6.800 m y en el sector sur sólo 3.500 m.

Edad y correlaciones. En el nivel faunístico más bajo, reconocido en la Sección 1 (Perfil Sur), se recolectaron fragmentos de ammonites correspondientes a *Spiticeras* (*Kilianiceras*) sp. y *Cuyaniceras* sp., los que, de acuerdo con Leanza (1945), caracterizan las zonas del *damesi* y *transgrediens* del Berriasiano superior.

Por otra parte, en niveles estratigráficamente más altos, dentro de esta misma sección, se han recolectado ejemplares de *Thurmaniceras* aff. *Th. duraznensis* y *Thurmaniceras* sp.

Covacevich (1975) recolectó, en este sector, junto a los géneros ya mencionados, *Thurmaniceras* sp. (sp. nov. ?), *Bochianites* sp. y *Olcostephanus* sp., lo cual, en su opinión, es de gran importancia pues restringe la edad de estos niveles al Valanginiano superior.

En las restantes secciones no se han encontrado fósiles de valor cronoestratigráfico. Sin embargo, en niveles calcáreos de la Sección 4 (Perfil Sur), Covacevich (com. verbal) observó ammonites que presentan las características propias de criocerátidos del Hauteriviano.

En base a los antecedentes anteriores, se asigna a la Formación Lo Prado, en el área estudiada, un rango de edad comprendida entre el Berriasiano superior y el Hauteriviano.

El desarrollo litológico de la Formación Lo Prado, en este sector, presenta gran similitud con las unidades C₃, C₄ y C₅, descritas por Tidy (1970) para el sector del cerro La Campana, quien las correlacionó con la Formación Lo Prado, según la definición de Thomas (1958), al sur del río Aconcagua. Estas unidades (*op. cit.*) son globalmente equivalentes, también, lito y cronoestratigráficamente, con la Formación Lo Prado (*sensu* Piracés, 1976). En esta correlación, la Sección 1 se identifica con la unidad C₃ de Tidy y con el miembro inferior de Piracés (Fig. 4).

Desde el punto de vista litológico, destaca la notable disminución, de norte a sur, del porcentaje de rocas calcáreas en la parte inferior de la Formación Lo Prado.

En la región de Santa Cruz, en la secuencia estratificada de La Lajuela, los 500 m de sedimentos marinos con fósiles del Valanginiano, que descansan sobre los queratófiros, brechas y tobas descritos por Vergara (1969) y atribuidos en este estudio a la Formación Horqueta, serían equivalentes a la Sección 1 y, por lo tanto, a la parte basal de la Formación Lo Prado.

Formación Veta Negra (*sensu* Levi, 1968), Barremiano-Albiano

En el área de estudio, la Formación Veta Negra (*sensu* Levi, 1968) comprende un conjunto de rocas volcánicas, andesíticas a riolíticas, brechas volcánicas, en parte tobáceas, areniscas y conglomerados, con escasas intercalaciones de calizas y areniscas fosilíferas, marinas.

Esta formación se reconoce, exclusivamente, en el extremo nororiente del sector estudiado, entre el monte Las Ovejas y el cerro Yerbas Buenas, al norte del Cajón de la Viluma (Perfil Norte) y el cordón Nido de Aguila y loma del Cepillo, al sur del Cajón de Aculeo (Perfil Sur) (Fig. 2).

Litología y espesor. En esta unidad se han diferen-

ciado dos secciones principales:

Sección Inferior. En el Perfil Norte, entre el cerro Yervas Buenas y cerro Las Ovejas, de arriba hacia abajo:

Techo: Sección Superior (Formación Veta Negra)

250 m Ocoitas con masa fundamental hialopilitica y fenocristales de plagioclasa, tipo oligoclasa, de hasta 4 mm. Hay amígdalas rellenas con calcedonia y clorita.

150 m Tobas de lapilli, con matriz cinerítica y fragmentos de vidrio perlítico, queratófiros hialopiliticos, fragmentos de cuarzo y augita y niveles de rocas queratófíricas, fuertemente alteradas.

200 m Ocoitas con masa fundamental hialopilitica a intersertal, con fenocristales de plagioclasa, tipo andesina-labradorita, y augita.

75 m Areniscas de color amarillo.

210 m Ocoitas con masa fundamental intersertal, cloritizada, y fenocristales de andesina y máficos, reemplazados a clorita y epidota.

50 m Areniscas calcáreas.

75 m Ocoitas con masa fundamental intersertal y fenocristales de albita arcillizada y epidotizada.

Base: Formación Lo Prado

Espesor total: 1.010 m

En el Perfil Sur, entre el cerro 984 m y el monte Los Yuyos, de arriba hacia abajo:

Techo: Sección Superior (Formación Veta Negra)

170 m Andesitas ocoíticas.

50 m Filón de pórfido cuarcífero, gris claro.

170 m Ocoitas grises.

40 m Filón de pórfido diorítico, verdoso.

370 m Andesitas ocoíticas, macizas, de color gris medio. Presentan óxido de cobre en superficie.

Base: Formación Lo Prado

Espesor total: 800 m

Sección Superior. En el Perfil Norte, en el cerro Yervas Buenas, de arriba hacia abajo:

Techo: Areniscas y conglomerados de la base de la Formación Lo Valle.

1.040 m Tobas de queratófiros con intercalaciones de queratófiros fluidales. Tobas de queratófiros con fenocristales de albita y fragmentos de lavas hialopiliticas, en una matriz cinerítica, desvitrificada, con shards y axiolitas. Presentan aspecto de ignimbritas.

300 m Calizas bien estratificadas que, hacia la

parte superior, se encuentran intruidas por numerosos filones de rocas porfíricas.

Base: Sección Inferior (Formación Veta Negra)

Espesor total: 1.340 m

En el Perfil Sur, entre los cajones de La Viluma y Aculeo, la Sección Superior, entre el cerro Pangue y el cerro 984 m, está constituida por:

Techo: No aflora en este sector

100 m Brechas volcánicas, rojizas.

210 m Riolitas porfíricas, rojizas, con estructuras fluidales y, en parte, brechosas.

80 m Brechas tobáceas y tobas rojas.

140 m Lavas porfíricas, riolíticas y/o dacíticas, con estructura fluidal y tono rojizo.

260 m Andesitas afaníticas a porfíricas, de color gris-verdoso, amigdaloidales.

90 m Dacitas porfíricas, gris-violáceas.

50 m Brechas riolítico-dacíticas, gris-violáceas.

30 m Areniscas feldespáticas, fosilíferas, y areniscas cuarzo-feldespáticas, grises.

30 m Calizas micríticas, rojizas y verdes, bioclásticas, y calizas esparíticas, verdosas, con una intercalación de areniscas lítico-feldespáticas, de grano fino, color verde.

280 m Brechas dacíticas a riolíticas, gris-violáceas, con intercalaciones de lavas riolíticas.

210 m Riolitas porfíricas, grises claras, con masa fundamental vitrofídica y marcada estructura fluidal.

Base: Sección Inferior (Formación Veta Negra)

Espesor total: 1.480 m

Existe una gran diferencia de espesor en los niveles calcáreos, intercalados en esta unidad (Sección Superior), lo que se atribuye a la existencia de fallas, que repiten u obliteran, localmente, parte de la secuencia.

La potencia total de la Formación Veta Negra, en el área, se ha estimado en 2.350 m.

Edad y correlaciones. En esta formación no se han encontrado formas fósiles de valor cronoestratigráfico. Sin embargo, debe considerarse que ella sobreyace a la Formación Lo Prado, de edad berriasiana-hauteriviana e infrayace, en aparente discordancia levemente angular, a un conjunto de rocas volcánicas, asignadas a la Formación Lo Valle, las cuales se hallan intruidas, en este sector, por un stock granítico, datado por Vergara y Drake (1979) en 80 m.a., esto es, Coniaciano-Santoniano, de acuerdo con Van Eysinga (1978). Por lo tanto, las edades máximas y mínimas para esta formación serían,

en el área de estudio, post-hauteriviana y pre-santoniana, respectivamente.

Por otra parte, al norte de esta región, la Formación Veta Negra ha sido asignada al Aptiano-Albiano por Thomas (1958) y al lapso Neocomiano-Cretácico Superior por Levi (1968). Asimismo, una datación radiométrica, realizada por Vergara y Drake (1979), en andesitas pertenecientes a la sección tipo de esta unidad, entregó un valor de 105 m.a., correspondiente al Albiano, de acuerdo con Van Eysinga (*op. cit.*).

En consecuencia, los antecedentes locales y regionales, expuestos, permiten asignar a la Formación Veta Negra una edad comprendida entre el Barremiano y el Albiano.

La Sección Inferior, en el área de estudio, correspondería al Miembro Ocoa definido por Thomas (1958) en su lugar tipo, y reconocido, posteriormente, por Levi (1968) como miembro de la Formación Veta Negra, en el sector del cerro Bustamante y por Tidy (1970), en el sector del cerro La Campana (Fig. 4).

La Sección Superior del sector de Melipilla se identificaría con el Miembro Noviciado, definido por Levi (1968) como miembro superior y que, en su localidad tipo, en el sector de Lo Aguirre, está constituido por brechas andesíticas y flujos de queratófiro.

Las diferencias regionales más importantes, detectadas de norte a sur en la Formación Veta Negra, serían, por lo tanto: (i) la desaparición del Miembro Purehue (miembro inferior en su lugar tipo), al sur del río Maipo; (ii) la notable disminución de espesor del Miembro Ocoa; y (iii) la presencia, en el sector de Melipilla, de intercalaciones de sedimentos de origen marino, lo que no ocurre al norte del río Maipo.

Formación Lo Valle (Thomas, 1958) Cretácico Superior-Paleógeno

En el extremo oriental del área de estudio, en los cordones que circundan la laguna de Aculeo, aflora una secuencia de rocas esencialmente volcánicas que, por sus características litológicas, relaciones estratigráficas y posición geográfica (borde este de la Cordillera de la Costa y depresión Central), se identifica con la Formación Lo Valle (Thomas, 1958).

Esta formación corresponde a la más joven de las unidades reconocidas en el área. Se observó en

el Perfil Norte, entre el morro Las Cabras y el cerro Tralcaca. La serie, sin embargo, se extiende más al oriente aún, desde El Vínculo hasta Angostura de Paine, lugar este último donde los estratos superiores son considerados como pertenecientes a la Formación Abanico (*in* Thiele, 1980). En el Perfil Sur, la secuencia se distribuye desde el cerro Horcón de Piedra hasta el plano oriental de la loma del Cepillo. Su extensión al sur se reconoció hasta el estero Piche, al noreste de Villa Alhué.

Litología y espesor. La Formación Lo Valle está constituida, en el área, por una sección basal de conglomerados y areniscas, que aflora en el flanco oriental del cerro Yerbas Buenas, sobre la cual se apoyan lavas andesíticas a riolíticas, ignimbritas y brechas, con intercalaciones de tufitas y areniscas epiclásticas, continentales.

Sección Inferior. En el flanco oriental del cerro Yerbas Buenas.

Techo: Sección Superior (Formación Lo Valle)
300 m Conglomerados, con rodados de hasta 5 cm de cuarzo, micropertitas, plagioclasa deformada y clastos graníticos, y queratófiro, en una matriz de composición similar. Alterna con areniscas conglomerádicas, con matriz arcillosa, y con areniscas tobáceas, compuestas por granos de cuarzo, plagioclasa y líticos volcánicos, de 0,1-2,0 mm, en una matriz epidotizada.

Base: Tobas y brechas de la Formación Veta Negra

Sección Superior. En el sector comprendido entre el morro Las Cabras y el cerro Tralcaca, se reconocen, de arriba hacia abajo:

Techo indeterminado

300 m Lavas andesíticas, verdosas a pardo-amari-llentas, ligeramente alteradas.

525 m Ignimbritas, en algunos casos, con fuerte alteración a epidota.

100 m Tufitas, con una matriz opaca de color rojizo y fragmentos de plagioclasa de 0,2-0,4 mm.

Presenta calcita de alteración diseminada.

185 m Queratófiro de color gris a morado.

50 m Areniscas de grano fino y color morado.

150 m Lavas queratófíricas, gris-moradas.

125 m Tufitas de color gris claro, que contienen fragmentos de plagioclasa, de 1-2 mm, subredondeados.

325 m Lavas porfíricas, de color verde-violáceo a

morado, con alteración a epidota y algunos niveles con estructura fluidal.

590 m Queratófiros fluidales, con fenocristales de plagioclasa, tipo oligoclasa, y rocas fuertemente alteradas, intruida por dos filones de pórfidos granodioríticos a dioríticos.

110 m Areniscas lítico-feldespáticas y areniscas brechosas, violáceas.

300 m Queratófiros fluidales, en parte, amigdaloidales y brechosos, de color morado a violáceo pálido.

50 m Brechas finas, de color verde.

425 m Queratófiros porfíricos y tobas queratófíricas, en parte, fluidales, de color morado. Presentan intercalaciones de lavas ocoíticas, grises.

Base: Sección Inferior (Formación Lo Valle)

Espesor parcial: 3.235 m

Cabe destacar que, hacia el sur de la localidad descrita, en el cerro Horcón de Piedra, la sección superior de la Formación Lo Valle descansa, directamente y en leve discordancia angular, sobre la Formación Veta Negra, desapareciendo, de este modo, al sur de la laguna de Aculeo la sección clásica inferior.

La potencia total de la Formación Lo Valle, en el área, es de aproximadamente 3.500 m, en oposición a los 750 m que tiene en su localidad típica (Thomas, 1968).

Edad y correlaciones. En esta unidad no se ha encontrado material fosilífero, que permita asignarle una edad relativa. En base a sus relaciones estratigráficas, se puede asignar al Cretácico Superior, por disponerse sobre la Formación Veta Negra, asignada al lapso Barremiano-Albiano. Por otra parte, su edad mínima sería de 80 m.a. (Coniaciano-Santoniano, según Van Eysinga, 1978), edad obtenida por Vergara y Drake (1979) para un stock granítico que la intruye.

Al sur del área de estudio, en las cercanías de San Fernando y en continuidad areal de afloramientos con la secuencia aquí descrita, aflora una unidad volcánica, asignada por Corvalán y Dávila (*in* Vergara, 1969) y Charrier (1973) a la Formación Farellones, la que se apoya, discordantemente, sobre los "Estratos de La Lajuela" (Muñoz Cristi y Karzulovic, 1958). Una datación radiométrica, en lavas de esta secuencia, entregó un valor de 90 m.a. (Vergara, comun. verbal), es decir, Turoniano de acuerdo con Van Eysinga (1978).

Los antecedentes mencionados permiten, en consecuencia, asignar la Formación Lo Valle, en el área de estudio, a la parte inferior del Cretácico Superior. Ello significa que esta unidad tiene una edad más antigua al sur del río Maipo, lo que la hace cronológicamente equivalente a la Formación Las Chilcas, definida por Thomas (1958), más al norte.

Desde el punto de vista litológico, la sección inferior, clásica, de la Formación Lo Valle, en el área, con 300 m de potencia, se puede correlacionar con los "Estratos de Peralillo", descritos por Levi (1968), 50 km al noreste del sector estudiado (con aproximadamente 1.000 m de espesor), los cuales fueron correlacionados, a su vez, con la Formación Las Chilcas que alcanza hasta 3.000 m en su localidad típica (Fig. 4).

Existe, por lo tanto, una progresiva disminución, de norte a sur, del espesor de las secuencias sedimentarias que constituyen la Formación Las Chilcas, al tiempo que aumenta, notoriamente, en ese mismo sentido el espesor de las secuencias volcánicas de la Formación Lo Valle. Considerando esta situación y la edad asignada a la Formación Lo Valle, al sur del río Maipo, sincrónica con la Formación Las Chilcas al norte, se propone, en este estudio, que las facies de ambas formaciones engranarían longitudinalmente, hasta desaparecer los niveles clásicos, continentales, al sur de la laguna de Aculeo. La Formación Las Chilcas correspondería, de este modo, a una unidad formacional, lenticular, que revela la existencia de una cuenca intramontana, de gran envergadura, durante los eventos volcánicos que generaron la Formación Lo Valle.

AMBIENTE DE SEDIMENTACION DURANTE EL CRETACICO

El período Cretácico comienza, en el área, con el piso Berriasiano, que representa la transgresión del mar neocomiano (Formación Lo Prado). Esta etapa se caracteriza por una marcada inestabilidad tectónica, reflejada en la recurrencia de ambientes marino y continental volcánico.

Los estratos basales (Sección 1), constituidos por sedimentos terrígenos, textural y composicionalmente maduros y, en parte, finamente laminados, atestiguan que el material proviene, casi exclusivamente, de la erosión de rocas volcánicas y, en menor grado, de rocas graníticas.

Las bio y litofacies constituyentes indican un ambiente marino, infralitoral, con ligeros cambios en la profundidad del fondo. Las características sedimentológicas permiten inferir, por una parte, una sedimentación lenta, con escaso aporte de material, posibilitando el retrabajamiento de este y, por otra, un régimen de aguas tranquilas, con periódicos cambios en el régimen de aporte, lo que permite el desarrollo de estructuras laminares.

El ambiente marino evoluciona a un ambiente predominantemente continental, subaéreo, sobre el que se producen esporádicas intrusiones del mar (asociadas a inactividad volcánica), durante las cuales se depositan sedimentos, principalmente calcáreos, en ambiente de aguas tranquilas, con escaso aporte terrígeno.

Las biofacies (algas calcáreas; organismos buenos indicadores de ambientes) sugieren, según Heckel (1972), aguas cálidas y profundidades que no sobrepasan el límite inferior de la zona fótica.

A partir del Barremiano y hasta el Albiano (Formación Veta Negra), existe un ambiente predominantemente volcánico, subaéreo, caracterizado por un volcanismo inicialmente andesítico, muy homogéneo, seguido de una actividad volcánica más heterogénea, que da origen a tipos petrográficos diferenciados (andesíticos a riolíticos).

Los niveles de calizas y areniscas fosilíferas, marinas, en la Formación Veta Negra, de ambientes similares a los expuestos para la Formación Lo Prado, indican la persistencia del mar en algunos sectores hasta fines del Cretácico Inferior.

Durante el Cretácico Superior, continuó evolucionando, en el área, el ambiente continental, subaéreo, principalmente volcánico (Formación Lo Valle), con desarrollo de una importante cuenca intramontana (sección inferior, equivalente a la Formación Las Chilcas), rellena con material proveniente de la erosión de las unidades volcánicas que la circundaron.

CONCLUSIONES

ESTRATIGRAFICAS

Las conclusiones estratigráficas más relevantes de este estudio son:

Vigencia, al sur del río Maipo, de la columna estratigráfica definida al norte para la Cordillera de la Costa de Chile Central (Fig. 3).

Existencia de dos ciclos de sedimentación marina, coronados por intervalos de volcanismo subaéreo; el primero se reconoce desde la parte superior del Jurásico Inferior al Jurásico Medio, y el segundo, durante el Cretácico Inferior. Se reconocieron, por primera vez en el sector, las formaciones jurásicas Cerro Calera y Horqueta, en su extensión más austral.

Verificación de variaciones laterales de facies, de norte a sur, que atestiguan importantes cambios de ambientes de deposición (Fig. 4).

- En la Formación Cerro Calera desaparece, hacia el sur, el Miembro Los Rodeos, definido en su localidad típica.
- En la Formación Lo Prado disminuye, de norte a sur, el porcentaje de rocas calcáreas, presentes en su parte inferior.
- En la Formación Veta Negra desaparece, hacia el sur, el Miembro Purehue, definido en su localidad típica, disminuyendo notablemente el

espesor del Miembro Ocoa. La presencia de niveles calcáreos de origen marino, tanto en el Miembro Ocoa como en el Miembro Noviciado, lo que no ocurre al norte del río Maipo, atestiguan la persistencia de episodios marinos hasta fines del Cretácico Inferior.

- En la Formación Las Chilcas, su espesor disminuye progresivamente, hasta desaparecer, al sur de la laguna de Aculeo, al tiempo que aumenta, notablemente, en ese mismo sentido, la potencia de la Formación Lo Valle. Esta última formación alcanza hasta 3.500 m de espesor, al sur del río Maipo, en oposición a los 750 m medidos en su lugar típico.

La edad asignada a la Formación Lo Valle, al sur del río Maipo, es más antigua que la determinada para ella en su localidad típica, a la vez que es sincrónica con la de la Formación Las Chilcas, en el norte. Esta situación, junto con el cambio recíproco de sus espesores de norte a sur, permite postular un posible engrane longitudinal de las facies que caracterizan, respectivamente, a ambas formaciones. La Formación Las Chilcas sería, de este modo, una unidad formacional lenticular, equivalente a la parte inferior e infrayacente a la parte superior de la Formación Lo Valle (Fig. 4).

Las secuencias volcánicas, que sobreyacen a las

secuencias del Cretácico Inferior, y que se extienden a lo largo del borde oriental de la Cordillera de la Costa de Chile Central, al sur del río Maipo, se identifican con la Formación Lo Valle y no con la Formación Farellones, como lo señalaban los escasos antecedentes regionales sobre el área, publicados hasta la fecha.

ORGANIZACION Y EVOLUCION PALEOGEOGRAFICA

La organización paleogeográfica se interpreta a partir de dos elementos morfoestructurales, principales, reconocidos durante los períodos de tiempo representados. Estos son: un arco volcánico y áreas de depositación marina y/o continental (Fig. 5).

La evolución paleogeográfica está estrechamente ligada a la posición y ubicación relativa entre ambos elementos, y a la evolución de cada uno de ellos en particular.

Según este modelo, los depósitos expuestos en el área y sus alrededores representan facies de "intra-arco", dominio que incluye al arco volcá-

nico y a las áreas de sedimentación aledañas, bajo la influencia directa del mismo (Fig. 5).

Desde el Aaleniano superior y hasta el Neocomiano, las áreas de depositación se ubican al oriente del arco (Fig. 5A, B, C, D). En este lapso, se desarrolló un volcanismo intermitente, de carácter andesítico, emplazado sobre un basamento granítico-metamórfico expuesto a la erosión.

Durante este tiempo se manifiesta, también, una actividad tectónica, expresada en sollevamientos y hundimientos alternados, asociados a una constante migración lateral de arco volcánico que, de este modo, cubre áreas que previamente eran de depositación (Fig. 5).

Durante el Cretácico Superior, en cambio, se expresa una organización paleogeográfica diferente a la precedente, marcada por una importante migración del arco magmático hacia el este, respecto de su posición en el Jurásico y Cretácico Inferior, y por el desarrollo de áreas de depositación, al oeste (Fig. 5E). Se verifica, así, una superposición de paleogeografías en el tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los colegas V. Covacevich y J. Tavera, por su colaboración en la identificación y observaciones de la fauna recolectada.

Esta investigación fue financiada por el Proyecto E 1.300-811-5 del Departamento de Desarrollo de la Investigación (ex-Servicio de Desarrollo Cientí-

fico y Creación Artística) de la Universidad de Chile.

Se agradece, por último, las facilidades de tiempo y material bibliográfico, aportados por el Servicio Nacional de Geología y Minería para la compilación final de este trabajo.

REFERENCIAS

- ALISTE, N.; PEREZ d'A., E.; CARTER, W. D. 1960. Definición y edad de la Formación Patagua, provincia de Aconcagua, Chile. *Minerales*, Vol. 15, No. 71, p. 40-51.
- CORVALAN, J.; DAVILA, A. 1964. Mapa geológico de la Hoja Valparaíso-San Antonio, escala 1:250.000. *In* Corvalán, J.; Munizaga, F. 1972. Edades radiométricas de las rocas intrusivas y metamórficas de la Hoja Valparaíso-San Antonio. *Inst. Invest. Geol. (Chile)*, Bol., No. 28, 40 p.
- COVACEVICH, V. 1975. Faunas fósiles neocomianas del área Melipilla-Aculeo, Cordillera de la Costa, provincia de Santiago. *Inst. Invest. Geol. (inédito)*, 21 p. Santiago.
- COVACEVICH, V.; PIRACES, R. 1976. Hallazgo de ammonites del Bajociano superior en la Cordillera de la Costa de Chile Central, entre la Cuesta Melón y Limache. *In* Congr. Geol. Chileno, No. 1, Actas, Vol. 1, p. C67-C85. Santiago.
- CHARRIER, R. 1973. Geología regional de las provincias de O'Higgins y Colchagua. *Inst. Nac. Invest. Recursos Nat. (IREN, Chile)*, Publ., No. 27, 69 p.
- HECKEL, P. H. 1972. Recognition of ancient shallow marine environments. *In* Recognition of ancient sedimentary environments (Rigby, J. K.; Hamblin, W. K.; eds.), Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Pap., No. 16, p. 226-286.
- HILLEBRANDT, A. Von. 1972. Sobre la bioestratigrafía y la fauna de ammonites del Jurásico de América del Sur (especialmente Chile). *Univ. Chile, Depto. Geol.*, Publ., No. 39, 50 p., 3 figs.
- HILLEBRANDT, A. Von. 1973. Neue Ergebnisse über den Jura in Chile und Argentinien. *Münster. Forsch. Geol. Palaeontol.*, No. 31-32, p. 167-199.

- LEANZA, A. F. 1945.** Ammonites del Jurásico Superior y del Cretácico Inferior de la Sierra Azul, en la parte meridional de la provincia de Mendoza. Museo de La Plata, An., Paleonto., Secc. A., No. 1, 99 p.
- LEVI, B. 1968.** Cretaceous volcanic rocks from a part of the Coast Range west of Santiago, Chile: a study in lithologic variation and burial metamorphism in the Andean Geosyncline. Ph. D. Thesis, Univ. California, 191 p. Berkeley.
- MOREL, R. 1981.** Geología del sector norte de la hoja Gualleco, ente los 35° 00' y los 35° 10' latitud sur, provincia de Talca, VII Región, Chile. Tesis de Grado M.Cs., Univ. Chile, Depto. Geol. Santiago.
- MUÑOZ-CRISTI, J. 1960.** Contribución al conocimiento geológico de la Cordillera de la Costa de la Zona Central. Minerales, Vol. 15, No. 69, p. 28-46.
- MUÑOZ-CRISTI, J.; KARZULOVIC, J. 1958.** Geología de la región de Santa Cruz. Univ. Chile, Depto. Geol. (inédito). Santiago.
- PIRACES, R. 1976.** Estratigrafía de la Cordillera de la Costa entre la Cuesta El Melón y Limache, provincia de Valparaíso, Chile. In Congr. Geol. Chileno, No. 1, Actas, Vol. 1, p. A65-A82.
- PIRACES, R.; MAKSAEV, V. 1977.** Geología de la Hoja Quillota, IV y V Región, Chile. Inst. Invest. Geol. (inédito), 140 p. Santiago.
- TAVERA, J. 1958.** Informe sobre resultados obtenidos en la determinación de un material de fósiles muestreados en el cordón de cerros de Chocalán. Univ. Chile, Depto. Geol. (inédito), 6 p. Santiago.
- THIELE, R. 1980.** Hoja Santiago, Región Metropolitana. Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile, No. 39, 51 p.
- THOMAS, H. 1958.** Geología de la Cordillera de la Costa entre el valle de La Ligua y la cuesta de Barriga. Inst. Invest. Geol. (Chile), Bol., No. 2, 86 p.
- TIDY, E. 1970.** Geología del distrito minero La Campana, Provincia de Valparaíso. Memoria de Título. Univ. Chile, Depto. Geol., 286 p. Santiago.
- VAN EYSINGA, F. W. B. 1978.** Geological Time Table. 3rd. edition, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam.
- VERGARA, M. 1969.** Rocas volcánicas y sedimentario-volcánicas, mesozoicas y cenozoicas en la latitud 34° 30' sur Chile. Univ. Chile, Depto. Geol., 36 p. Santiago.
- VERGARA, M.; DRAKE, R. E. 1979.** Edades K-Ar en secuencias volcánicas continentales post-neocomianas de Chile Central; su depositación en cuencas intermontanas restringidas. Asoc. Geol. Argent., Rev., Vol. 34, No. 1, p. 42-52.
- WESTERMANN, G. E. G. 1980.** Ammonite biochronology and biogeography of the Circum-Pacific Middle Jurassic. Systematic association special volume, No. 18, The Ammonoidea (House, M. R.; Senior, J. R.; eds.), Academic Press, p. 459-498. London.