

PRESENCIA DE FOSILES MARINOS EN LAS CALIZAS DE POLPAICO. IMPLICACIONES PALEOECOLOGICAS Y PALEOGEOGRAFICAS

JOSE CORVALAN

Univ. Chile, Depto. Geol. Casilla 13518, Correo 21, Santiago, Chile.

MARIO VERGARA

Univ. Chile, Depto. Geol. Casilla 13518, Correo 21, Santiago, Chile.

RESUMEN

En la secuencia de calizas de Polpaico se encontraron fósiles correspondientes a escafópodos del género *Dentalium*, organismos exclusivamente marinos, de hábito bentónico. Su presencia en estos sedimentos demuestra que el ambiente depositacional correspondió al de una laguna marginal conectada, durante algún lapso, con el mar del Cretácico Superior, desconectándose luego para continuar una evolución independiente en un ambiente continental, lacustre de aguas salobres.

En base al análisis de facies sedimentarias similares, que al igual que las calizas de Polpaico se intercalan en la Formación Las Chilcas y que podrían ser aproximadamente sincrónicas con ellas, se sugiere que este ambiente lagunar original se habría extendido en gran parte de lo que hoy corresponde al sector interior de la Cordillera de la Costa entre La Ligua y la latitud de Santiago. La conexión marina que se postula es con el mar del Cretácico Superior, que se evidencia en los sedimentos transgresivos expuestos en Algarrobo.

ABSTRACT

Fossils recently found in the Polpaico limstones, belong to the scaphopod genus *Dentalium*, exclusively marine benthonic organisms. Their presence in these sediments demonstrates that the depositional environment was comparable to that of a marginal lagoon, connected during some time with the sea in the Late Cretaceous, and becoming soon disconnected to continue an independent evolution under a brackish water lacustrine continental environment.

Based on the analysis of similar sedimentary facies that, like the Polpaico limstones are intercalated in the Las Chilcas Formation and which could be approximately synchronous with them, it is suggested that this original lagoonal environment extended through most of the region now corresponding to the eastern part of the Coast Range between La Ligua and the latitude of Santiago. The marine connection here postulated is with the Late Cretaceous sea evidenced through the transgressive sediments exposed at Algarrobo.

INTRODUCCION

Las calizas de Polpaico, ubicadas a 37 km al norte de Santiago, han sido siempre una atracción y una interrogante para los geólogos chilenos en lo relativo a su origen. Ellas constituyen una importante facies sedimentaria calcárea, intercalada dentro de una gruesa secuencia volcánica y clástico-volcánica continental denominada Formación Las Chilcas (Thomas, 1958). Facies sedimentarias lenticulares similares, constituidas por materiales terrígenos con cemento calcáreo, calizas y chert, han sido en-

contradas en horizontes estratigráficos y estructurales aproximadamente similares, tanto al norte de Polpaico (Distrito de Cerro Negro, Mantos Portales, etc.) como hacia el sur (Cordón de Peralillo, al oeste de Santiago), en el área de afloramientos de la Formación Las Chilcas.

En varias de estas localidades se habían encontrado anteriormente fósiles, principalmente *Mytilus*, algunos gastrópodos de pequeño tamaño, ostrácodos y algas calcáreas, que sugerían un ambien-

te de sedimentación lacustre, de aguas salobres, para estos depósitos.

El hallazgo reciente de una nueva fauna fósil en las calizas de Polpaico, constituida por varios ejemplares de escafópodos, permite ahora precisar el significado paleoecológico y paleogeográfico de estos remanentes orgánicos y de los sedimentos que los contienen. Es posible inferir que, hacia fines del tiempo de acumulación de la Formación Las Chilcas (Cretácico Superior), existieron lagunas de agua salobre en todo el sector interior de la actual Cordillera de la Costa entre, por lo menos, la lati-

tud del distrito de Cerro Negro al sureste de Cabildo, hasta la latitud de Santiago. A diferencia de interpretaciones anteriores, estas lagunas habrían estado, en algún momento, conectadas con el mar del Cretácico Superior (lagunas marginales), desconectándose luego para continuar una evolución independiente. El ambiente, en consecuencia, sería más propiamente lagunar y no lacustre.

El propósito del presente trabajo es dar a conocer los antecedentes paleontológicos y estratigráficos que apoyan esta nueva interpretación.

MARCO ESTRATIGRAFICO

Las calizas de Polpaico constituyen la totalidad de los afloramientos expuestos en Cerro Blanco (Fig. 1), actualmente en explotación por Cemento Cerro Blanco de Polpaico, S.A. Según Thomas (1958), ellas se encuentran intercaladas en la Formación Las Chilcas, constituida principalmente por rocas clásticas y volcánicas continentales, que alcanzan un espesor máximo de 7.000 m y que se distribuye ampliamente en el sector oriental de la Cordillera de la Costa entre el valle de La Ligua y Santiago.

En el área de Cerro Blanco de Polpaico, los estratos calcáreos, de 25 a 50 m de espesor, sobreyacen concordantemente a areniscas de grano medio, en parte conglomerádicas, de color pardo-rojizo claro e infrayacen, también con concordancia, a areniscas de grano medio a grueso, conglomerádicas y conglomerados finos de color gris-verdoso claro.

La secuencia calcárea incluye varios niveles de distinta litofacies pero, en general, está constituida por calizas compactas a granulares hasta de grano muy grueso, de color gris claro, con intercalaciones de capas de pedernal, principalmente en la parte superior. La nueva fauna de escafópodos (*Dentalium*), que se ha encontrado en esta localidad, proviene de la parte inferior de la secuencia expuesta en el extremo NNE de Cerro Blanco (Fig. 1). Anteriormente, uno de los presentes autores (J.C.) había encontrado algas calcáreas en el primer promontorio al NE del punto anterior y gastrópodos (*Hydrobia?*) en el flanco oriental de la parte central de Cerro Blanco, aproximadamente en el mismo nivel estratigráfico.

Facies sedimentarias similares a las de las calizas de Polpaico y que tendrían aproximadamente

la misma ubicación estratigráfica dentro de la Formación Las Chilcas, se conocen un poco más al norte, en el área de Montenegro, donde existen calizas compactas de color gris claro a gris medio con abundantes algas calcáreas (E. Godoy, comunicación verbal, Julio, 1980). Más hacia el norte, en el área comprendida entre los cerros Negro y Portales ubicada a 25 km al sureste de Cabildo (Fig. 2), también se han reconocido sedimentos de carácter lagunar, intercalados en la parte superior de la Formación Las Chilcas (Miembro El Ñilhue, Carter y Aliste, 1962; Viteri, 1969).

En esa área, y más precisamente en el área de los yacimientos de cobre Mantos Portales, ubicada a 10 km al sur de Cerro Negro, existen, según Sánchez (1968), sedimentos lagunares de aproximadamente 80 m de espesor, constituidos por lutitas negras carbonosas, algo calcáreas (son los mantos mineralizados), con intercalaciones de areniscas gruesas y chert rojo (7 a 9 m) sucedidos, hacia arriba, por areniscas calcáreas de grano fino, con intercalaciones lenticulares de limolita (70 m). Estos sedimentos sobreyacen a conglomerados y cenuglomerados con intercalaciones de lavas andesíticas e infrayacen a brechas andesíticas de unos 70 m de espesor que constituyen la parte más alta de la Formación Las Chilcas allí expuesta.

Estos mismos sedimentos, en los que se han encontrado algunos fragmentos e impresiones de conchas de moluscos, ostrácodos y abundantes restos vegetales, han sido estudiados también por Espinosa (1969) y Viteri (1969) concluyendo, al igual que Sánchez, que se trata de acumulaciones en un ambiente lacustre, en el sentido de lagunas desarrolladas en ambiente continental.

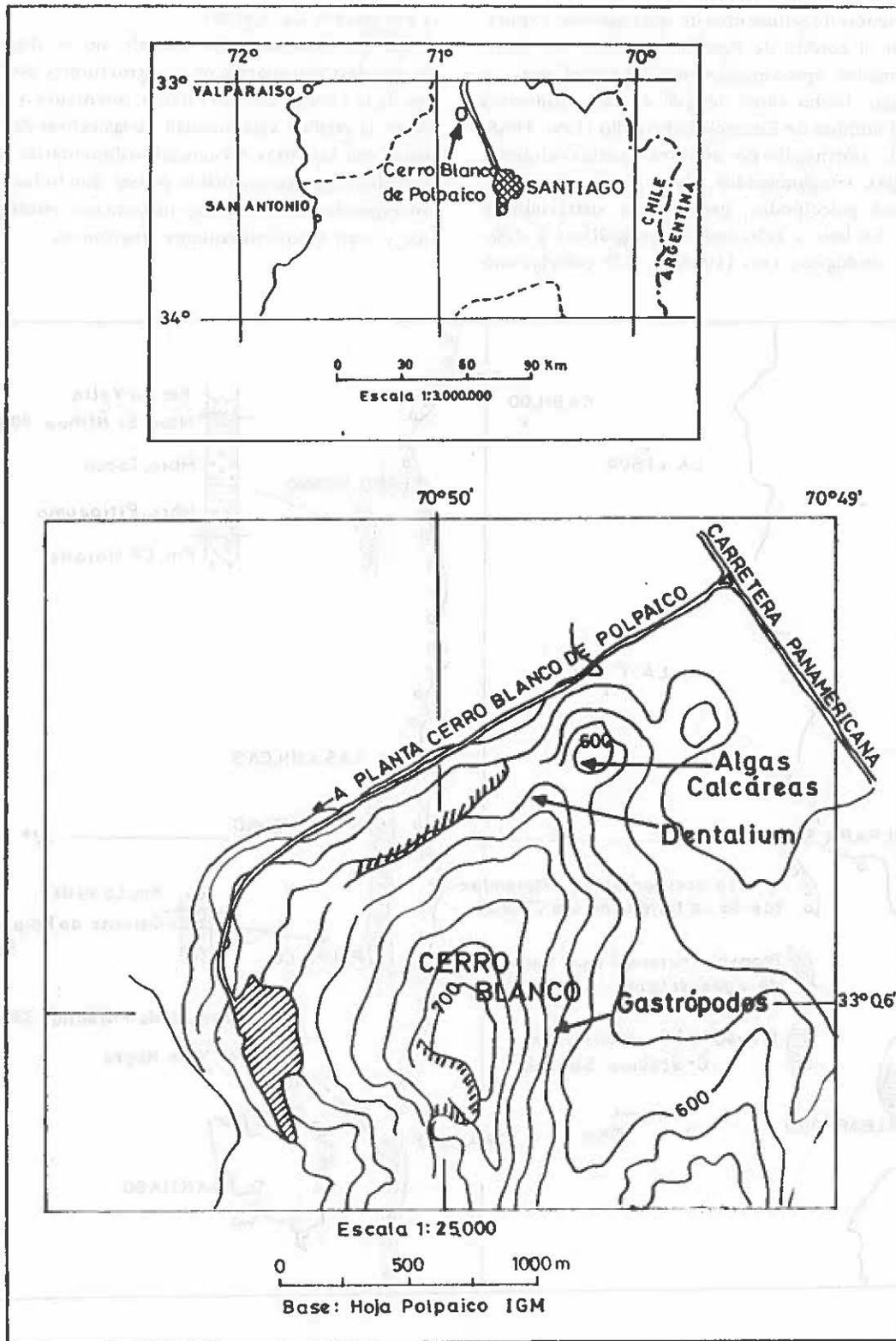


FIG. 1. Mapa de ubicación de Cerro Blanco y de localidades fosilíferas.

Hacia el sur de Polpaico, Levi (1968) reconoció la presencia de sedimentos de agua salobre, expuestos en el cordón de Peralillo, al norte del Cerro Bustamante, aproximadamente 30 km al oeste de Santiago. Dicho autor designó a estos sedimentos con el nombre de Estratos de Peralillo (Levi, 1968, p. 49), constituidos por areniscas, lutitas calcáreas, limolitas, conglomerados, chert y calizas, con numerosos pelecípodos, gastrópodos, ostrácodos y algas. En base a relaciones estratigráficas y desarrollo litológico, Levi (1968, p. 52) correlacionó

los Estratos de Peralillo con la parte superior de la Formación Las Chilcas.

En consecuencia, aún cuando no se dispone de estudios estratigráficos ni estructurales detallados de la Formación Las Chilcas, orientados a establecer la posible sincronidad de las calizas de Polpaico con las otras secuencias sedimentarias aquí discutidas, parece razonable pensar que todas ellas corresponden a un mismo incremento estratigráfico y sean aproximadamente sincrónicas.

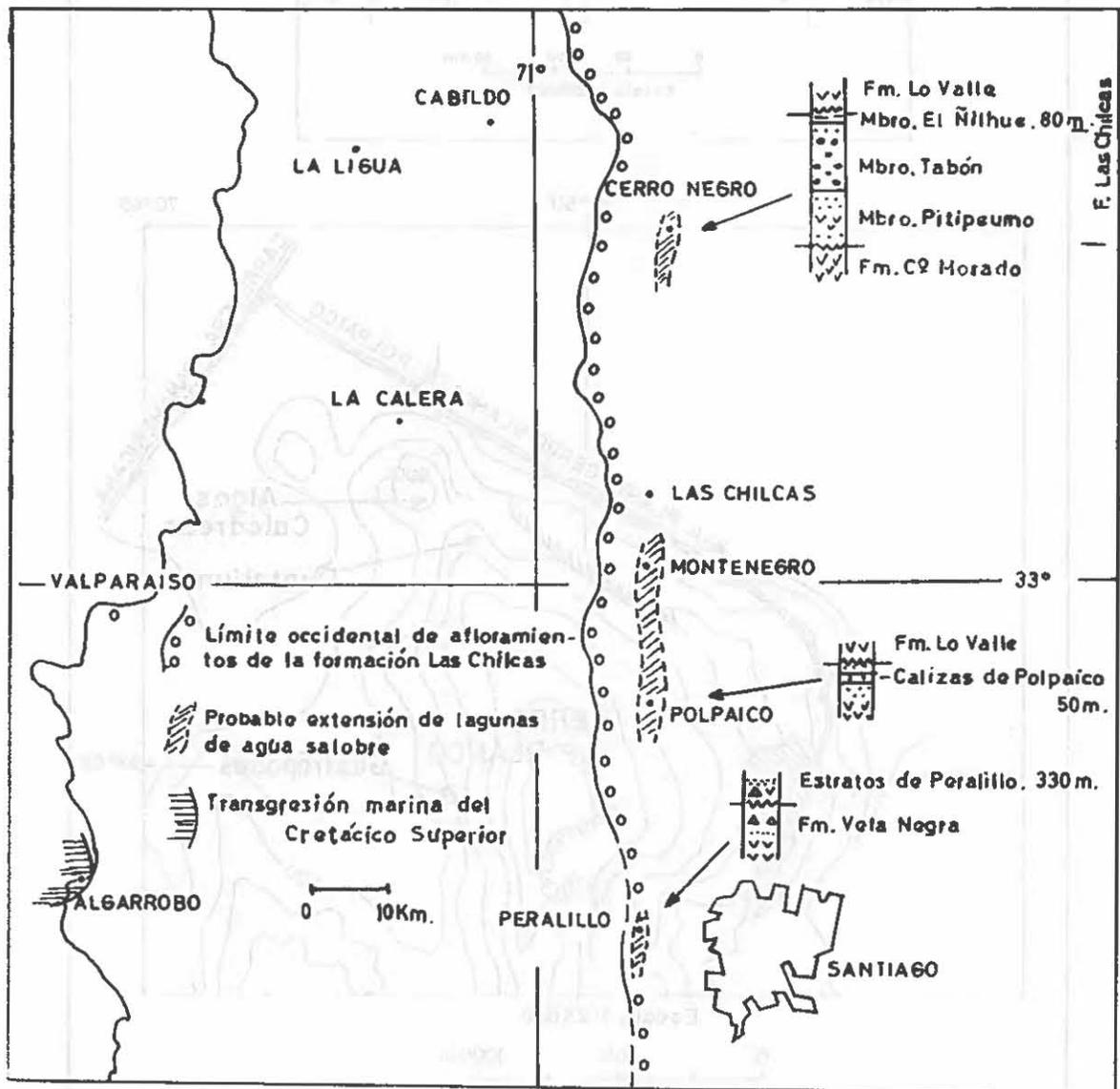


FIG. 2. Distribución de los sedimentos lagunares de la formación Las Chilcas y paleogeografía del ambiente lagunar durante el Cretácico Superior.

CRONOLOGIA

Como ya se ha indicado, en las calizas de Polpaico se han encontrado diversos restos orgánicos tales como algas calcáreas, ostrácodos y gastrópodos, a los que se suman los escafópodos que se discuten en este informe. Sin embargo, en ellos no se han reconocido formas de biozonas restringidas, que permitan precisar la edad relativa de estos depósitos, ni de la Formación Las Chilcas en la cual se intercalan.

Tratando de establecer una cronología para la Formación Las Chilcas, Thomas (1958, p. 61) mencionó el hallazgo de *Pucalitus* hecho por Biese en las calizas de Polpaico, un alga que se habría encontrado solamente en el Turoniano. Por esta razón expresó que, en parte, esta unidad es probablemente de edad turoniana. La edad cenomaniano-turoniana (?) que dicho autor indicó para esta formación (Thomas, 1958, mapa, no texto) fue inferida, indirectamente, en base a correlaciones litológicas y relaciones estratigráficas y estructurales. Según Thomas (1958, p. 56) la Formación Las Chilcas se sobrepone a la Formación Veta Negra, en forma concordante, e infrayace, discordantemente, a la Formación Lo Valle. Sin embargo, reconoce que la Formación Veta Negra tiene, en general, una mayor inclinación que la Formación Las Chilcas. Sin duda que la interpretación cronológica de la Formación Las Chilcas variaría si se considera que, esta diferencia estructural entre las citadas formaciones, puede reflejar el primer plegamiento que se reconoce en las secuencias cretácicas de la Cordillera de los Andes, que Klohn (1956) ubica entre el Coniaciano y el Santoniano. En otros términos, si existe una discordancia en la base de la Formación Las Chilcas, como ha sido

indicado por Viteri (1969, p. 15) y por Levi (1968, p. 49) en áreas cercanas, tanto al norte como al sur de Polpaico, ésta podría asimilarse al primer plegamiento andino y considerar, entonces, una edad post-coniaciana para la formación.

En todo caso, puede concluirse una edad cretácica para la Formación Las Chilcas, ya que infrayace, discordantemente, a la Formación Lo Valle. Para esta última, Thomas (1958, p. 64) discutió tanto la posibilidad de una edad cretácica superior (coniaciana-maestrichtiana) como de una terciaria inferior.

Determinaciones radiométricas, efectuadas por el método K/Ar en rocas de la Formación Lo Valle, han arrojado valores variables entre $64,6 \pm 0,5$ m.a. y $77,8 \pm 1,0$ m.a. (Drake *et al.*, 1976), que tienden a reforzar la primera interpretación de Thomas. Estas son las siguientes:

Muestra	Tipo de roca	Material datado	Edad m.a.	Ubicación
1	Andesita de Piroxeno	Roca total	$77,8 \pm 1,0$	Lo Valle
2	Ignimbrita	Roca total	$64,6 \pm 0,5$	Lo Valle
3	Ignimbrita	Plagioclasa	$70,5 \pm 2,5$	Lo Valle

En base a estos antecedentes y al hecho que la Formación Las Chilcas sobreyace a la Formación Veta Negra, de probable edad aptiana-albiana? (Thomas, 1958) que, a su vez, se dispone sobre formaciones neocomianas marinas que representan hasta el Barremiano (Corvalán, 1959, p. 55), se puede considerar actualmente, con relativa certeza, una edad cretácica superior, en el sentido amplio, para la Formación Las Chilcas.

LOS ESCAFOPODOS DE POLPAICO

El reciente hallazgo de formas fósiles en las calizas de Polpaico, que aquí se dan a conocer como correspondientes a escafópodos del género *Dentalium*, reviste especial interés para la interpretación del ambiente en que se acumularon estos depósitos y para la interpretación paleogeográfica regional.

En efecto, estos organismos corresponden a moluscos marinos, cuya presencia en sedimentos lagunares, acumulados en un ambiente continental

como ha sido sugerido hasta ahora, no podría explicarse sin concebir que estas lagunas estuvieron, en algún momento, conectadas con el mar. Mayor relevancia adquiere este hallazgo, si se considera que documentaría conexiones directas con un mar durante el Cretácico Superior.

El material fosilífero está contenido en muestras obtenidas de la parte inferior de la secuencia que constituyen las calizas de Polpaico, en el ex-

tremo NNE de Cerro Blanco (Fig. 1).

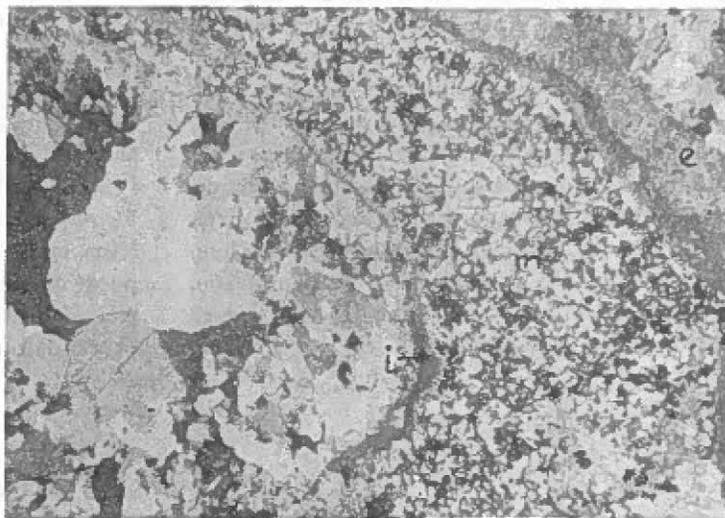
Una de estas muestras (No. 6A)* corresponde a una biopelmicrosparita, constituida por un agregado alloquímico de bioclastos (*Dentalium*, ostrácodos) de tamaños variables entre 2 cm y 1 mm, en una matriz micrítica parcialmente recristalizada a microsparita y silicificada; su aspecto es el de un agregado de formas esféricas a elipsoidales de menos de 0,1 mm, que parecen corresponder a "pellets"; intersticialmente, existe material microsparítico y calcedonia reemplazando parcialmente al cemento. El modo aproximado es el siguiente: bioclasto 70%; matriz y cuerpos pelloïdales 25%; cuarzo y calcedonia 5%. Otra muestra (No. 6B), de la misma localidad, presenta las mismas características, con el siguiente modo: bioclastos 65%; matriz 32%; calcedonia pedernal 3%. Los bioclastos más abundantes en estas muestras corresponden a *Dentalium*, cuyas características se reconocen en secciones transversales y tangenciales al eje de la concha. En las secciones transversales. (Lám. 1, Figs. 1-4) el diámetro varía entre 2,7 y 3,5 mm; el diámetro máximo medido en éstas es de 4,0 mm. El espesor de la concha es, en promedio, de 0,5 mm.

En las secciones tangenciales (Lám. 1, Figs. 5-7) el eje mayor medido varía entre 5,0 y 6,5 mm, manteniéndose un espesor de la concha de 0,5 mm; éste aparece engrosado en el sentido longitudinal debido al carácter de la sección.

En una de las muestras (No. 6A) se obtuvo un fragmento de concha tubular de 15,0 mm de longitud y de 3,5 mm de diámetro, ornamentado por costillas longitudinales bien definidas; se observan 4 de éstas en el ejemplar. El número total de estrías, como se puede apreciar en las secciones (Lám. 1), es de 12.

Bajo el microscopio (Muestra No. 6A), se observa que la concha presenta la siguiente estructura: una capa delgada externa, formada por calcita prismática finamente cristalizada; una capa intermedia constituida por un mosaico más grueso de calcita que corresponde, al parecer, a una antigua capa aragonítica recristalizada, y una capa interna, delgada, formada por un mosaico fino de calcita (Fig. 3). La concha presenta un reemplazo parcial por sílice microcristalina tipo calcedonia, la que se desarrolla, de preferencia, en la capa intermedia, extendiéndose en algunos sectores a las otras capas.

FIG. 3. *Dentalium* sp. Sección de la pared; muestra capas externa (e), media (m) e interna (i). 30 x.



La forma tabular y algo curvada de la concha, la existencia de una costulación longitudinal y la forma poligonal de las secciones permiten reconocer estas formas como pertenecientes al género *Dentalium* Linné, 1758. Como el material disponible hasta ahora no permite una caracterización más completa, se las identifica, preliminarmente, como *Dentalium* sp.

* Número de registro en el Laboratorio de Macropaleontología del Departamento de Geología, U. de Chile.

CONCLUSIONES PALEOECOLOGICAS Y PALEOGEOGRAFICAS

La única información anterior sobre el ambiente de depositación de las calizas de Polpaico, proviene de las observaciones de Herm (1965), quien estudió allí varios perfiles para determinar las microfácies. En base a éstas, en que reconoció una microfácies inferior de calcimicrita sapropelítica con restos de carófitas y ostrácodos, una intermedia de intramicrita con pocos bioclastos y una superior de biomicrita con algas calcáreas, mostrando aporte de material pelítico continental, concluyó que el ambiente de depositación pudo haber correspondido a una laguna grande de aguas someras, separada del mar que, "a veces", experimentó un aumento de la salinidad debido a la evaporación (Herm, 1965, p. 14). Indicó, además, que en esta laguna hubo precipitación de fango calcáreo y de sílice coloidal en forma rítmica. Esto es, sin duda, efectivo y válido, especialmente para la parte media y superior de la secuencia, en que, entre las capas de calizas, se intercalan capas de pedernal, producto de precipitación original de sílice, de pocos centímetros hasta unos 30 cm de espesor promedio. El carácter de laguna salobre fue reconocido por Herm; pero ese autor (1965, p. 16) descartó la posibilidad de alguna influencia marina en ella, indicando que los organismos fósiles que allí se encuentran son todos de agua dulce y que provinieron de aguas continentales.

La presencia de escafópodos del género *Dentalium* en la parte inferior de la secuencia calcárea de Polpaico, organismos exclusivamente marinos, de hábito bentónico, modifica necesariamente la interpretación anterior. Estos demuestran que la depresión en que se desarrolló la laguna fue primero inundada por un mar que avanzó desde el oeste, estableciéndose una laguna comparable a una laguna marginal en la que siguieron viviendo, por un corto tiempo formas marinas como *Dentalium*. El pequeño tamaño de los ejemplares de este género que aquí aparecen, sugiere que el ambiente no fué óptimo para su desarrollo, constituyendo lo que podría llamarse una fauna enana. Esto debido, probablemente, a una desconexión temprana de la laguna, la que quedó sometida a aportes de aguas dulces continentales, que cambia-

ron la salinidad marina normal a condiciones de aguas salobres. Además, el influjo de aguas fluviales habría aportado la sílice, que precipitó en esta laguna, constituyendo las capas de pedernal que allí se encuentran.

Un ambiente lagunar (lagoonal) similar a éste, pero no documentado por la presencia de escafópodos sino por una fauna enana de *Mytilus*, con formas de 10 a 15 mm de tamaño, fue sugerido por Corvalán (*in* Levi, 1968, p. 50) para las condiciones de depositación de los Estratos de Peralillo, expuestos al norte del cerro Bustamante en la latitud de Santiago, que podrían ser aproximadamente sincrónicos con las calizas de Polpaico. Hasta allí pudo haberse extendido originalmente la laguna de Polpaico. Hacia el norte de Polpaico, su continuidad es todavía más probable, documentándose en las calizas con algas que aparecen en el área de Montenegro (Fig. 2). Aún más, los sedimentos del Miembro El Ñilhue, expuestos en el área de los cerros Negro y Portales discutidos anteriormente, podrían representar el relleno de una laguna que estuvo originalmente conectada a la de Polpaico y que evolucionó más rápidamente a un ambiente límnic.

En consecuencia, aún cuando estas lagunas persistieron en un ambiente continental, inicialmente habrían estado conectadas con el mar. Esto se documenta bien en el área de Polpaico, parcialmente en el área de Peralillo y se sugiere para el área de Cerro Negro-Portales.

Si se considera ahora que este ambiente se desarrolló con bastante posterioridad al Barremiano, en el Cretácico Superior (edad inferida para la Formación Las Chilcas), la conexión de estas lagunas o la laguna de Polpaico tiene que haber sido con un mar post-neocomiano, del cual sólo hay evidencias en esta región en la localidad de Algarrobo (Fig. 2) y poco más al sur, en Topocalma. En Algarrobo, los sedimentos marinos transgresivos son de edad campaniana-maestrichtiana (Brüggen, 1915; Levi y Aguirre, 1962, p. 420). Esta conexión es la que se sugiere en base a los antecedentes hasta ahora acumulados.

AGRADECIMIENTOS

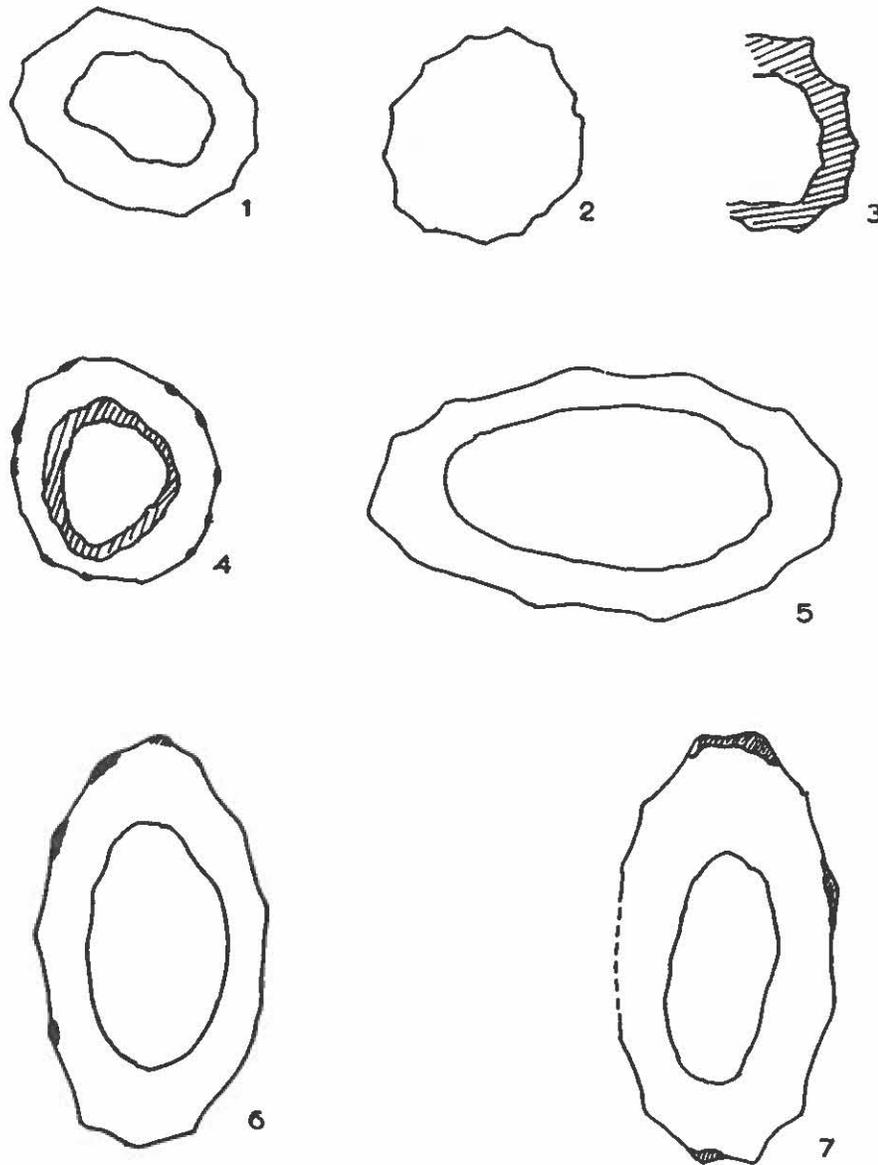
Se agradece al Servicio de Desarrollo Científico, Artístico y de Cooperación Internacional, de la Vicerrectoría de Asuntos Académicos de la Uni-

versidad de Chile que, mediante el Proyecto E-410-802, financió parcialmente a uno de los autores (M.V.) la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- BRÜGGEN, J. 1915.** Die Kreide von Algarrobo in Chile. Centralblatt f. Min., Jahrg., No. 13, p. 406-409.
- CARTER, W.; ALISTE, N. 1962.** Geology and ore deposits of the Ñihuc quadrangle, Aconcagua province. Inst. Invest. Geol. (inédito), 189 p. Santiago.
- CORVALAN, J. 1959.** El Títoniano de río Leñas, Provincia de O'Higgins. Con una revisión del Títoniano y Neocomiano de la parte chilena del Geosinclinal Andino. Inst. Invest. Geol. (Chile), Bol., No. 3, 65 p.
- DRAKE, R.; CURTISS, G.; VERGARA, M. 1976.** Potassium-argon dating of igneous activity in the central Chilean Andes-latitude 33°S. J. Volcanol. Geotherm. Res., Vol. 1, p. 285-295.
- ESPINOSA, W. 1969.** Geología del distrito cuprífero de Cerro Negro. Memoria de Título, Univ. Chile, Depto. Geol., 148 p. Santiago.
- HERM, D. 1965.** Microfacies de algunos sedimentos calcáreos del Jurásico y Cretácico Inferior de Chile Central (Cordillera de la Costa y Cordillera de los Andes). Soc. Geol. Chile, Resúmenes, No. 11, p. 13-16.
- KLOHN, C. 1956.** Estado actual del estudio geológico de la Formación Porfírica. Minerales, No. 55, p. 49-60.
- LEVI, B. 1968.** Cretaceous volcanic rocks from a part of the Coast Range west from Santiago, Chile: a study in lithologic variation and burial metamorphism in the Andean Geosyncline. Ph. D. Thesis, Univ. California, 191 p. Berkeley.
- LEVI, B.; AGUIRRE, L. 1962.** El conglomerado de Algarrobo y su relación con las formaciones del Cretácico Superior de Chile Central. Jornadas Geol. Argent., No. 1, Actas, Vol. 2, p. 417-431. Buenos Aires.
- SANCHEZ, M. 1968.** Estudio geológico de los yacimientos de Mantos Portales. Memoria de Título, Univ. Chile, Depto. Geol., 159 p. Santiago.
- 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.
- VERGARA, M.; DRAKE, R. 1979.** Edades K/Ar en secuencias volcánicas continentales postneocomianas de Chile Central; su depositación en cuencas intermontanas restringidas. Asoc. Geol. Argent., Rev., Vol. 24, No. 1, p. 42-52.
- VITERI, E. 1969.** Estudio geológico de la región de los cerros Negro y Portales, Provincia de Aconcagua. Memoria de Título, Univ. Chile, Depto. Geol., 98 p. Santiago.

LAMINA 1



Dentalium sp.

Figs. 1-4 : secciones transversales (X 10)

Figs. 5-7 : secciones tangenciales al eje de la concha
(X 10)