

# ESTRATIGRAFIA DEL NEOCOMIANO MARINO DE LA REGION AL SUR DE COPIAPO, PROVINCIA DE ATACAMA.

JOSE CORVALAN D. *Departamento de Geología, Universidad de Chile.*

## RESUMEN

En el presente trabajo se discute la estratigrafía, secuencia faunística y litofacias general de un sector de la franja de sedimentos marinos expuesta en la región al sur de Copiapó. A través de perfiles detallados se analizan las unidades formacionales y sus relaciones de contacto; se precisa, además, su definición, enmendando y complementando aquellas propuestas por autores anteriores (Biese, 1942). Las formaciones que se distinguen, Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón, tienen una edad correspondiente al lapso Valanginiano superior - Barremiano. La secuencia total, de espesor variable entre 1.700 y 2.000 m, está constituida por rocas sedimentarias clásticas, en porcentajes variables entre 24<sup>o</sup>/o y 32<sup>o</sup>/o y por rocas de precipitación química, principalmente calizas y en parte pedernal, en porcentajes variables entre 76<sup>o</sup>/o y 68<sup>o</sup>/o.

Se evidencian cambios de facies laterales importantes en la parte superior de la secuencia (formación Pabellón) que se reflejan en un aumento progresivo de material clástico de sur a norte.

Estos sedimentos representan una acumulación en un ambiente de plataforma de poca profundidad (sublitoral); una parte de ellos se habría depositado en la zona infralitoral y otra en la zona circalitoral. Variaciones en la razón clástica y granulometría de las distintas formaciones permiten visualizar la influencia de la línea de costa dentro de este ambiente.

El yacente de la secuencia neocomiana no se conoce, debido a la presencia de intrusivos granodioríticos; sobre ella se dispone, con discordancia de erosión, una secuencia clástica de la formación Cerrillos definida por Segerstrom y Parker (1959).

## ABSTRACT

Present report discusses the stratigraphy, faunal sequence and general lithofacies in a segment of the marine belt exposed in the region south of Copiapó. Through detailed stratigraphic sections, formational units and their contact relationships are analyzed, emending and complementing those defined by earlier authors (Biese, 1942). The formations distinguished, Abundancia, Nantoco, Totoralillo and Pabellón, cover the span late Valanginian - Barremian. The total sequence, with a thickness varying from 1,700 m to 2,000 m, is constituted by clastic sedimentary rocks making from 24<sup>o</sup>/o to 32<sup>o</sup>/o of the column and by chemical precipitates, mainly limestone and in part chert, in percentages varying from 76<sup>o</sup>/o to 68<sup>o</sup>/o.

Important lateral facies changes are evidenced in the upper part of the sequence (Pabellón formation) which consist in a progressive northward increase of the clastic materials.

These sediments were accumulated within a shallow water (sublittoral) platform environment, partly over the infralittoral zone, and partly on the circalittoral zone. Variations in grain size and clastic ratio in the different formations, permit to visualize the influence of the coast line within this environment.

The base of the Neocomian sequence is not known, due to the presence of granodioritic intrusive rocks; it underlies, with erosional unconformity, a continental clastic sequence which was included in the Checo de Cobre member of the Cerrillos formation defined by Segerstrom and Parker (1959).

## INTRODUCCION

Una de las regiones de la provincia de Atacama que en la actualidad cuenta con mayor información geológica es la que corresponde a una franja ubicada entre los meridianos 70<sup>o</sup> y 70<sup>o</sup> 30' y los paralelos 27<sup>o</sup> y 28<sup>o</sup> y que tiene como centro la ciudad de Copiapó. En ella se han realizado estudios estratigráficos intensivos y de levantamiento geológico a escala 1:50.000, que han servido de base para los numerosos estudios geológico económicos y geofísicos desarrollados posteriormente, en especial en los varios distritos mineros que allí existen. Esta franja es la que incluye los afloramientos más completos del Cretácico Inferior marino en el norte del país, desarrollado en facies de carbonatos y de sedimentos clásticos, sin participación de rocas volcánicas. Esta, al igual que en el resto de Chile Central y Norte, es la secuencia marina fosilífera más joven que forma parte del relleno geosinclinal, que durante el Cretácico Superior y Terciario Inferior fue de carácter continental y predominantemente volcánico. Además de representar una unidad clave para la interpretación estratigráfica, cronológica y estructural regional, esta secuencia tiene un especial interés biostratigráfico y paleogeográfico, por ser muy fosilífera en diversos horizontes y por tener gran continuidad areal.

Biese (1942) realizó el primer estudio estratigráfico detallado de estos sedimentos marinos reconociéndolos como una unidad continua entre Copiapó y Chañarcillo, o sea, en un tramo de aproximadamente 40 km. En ellos distinguió varias formaciones con abundantes fósiles, que permitieron definir una cronología más precisa, especialmente con el estudio de la fauna realizado por Tavera (1956).

Sin embargo, cuando la Sección Geología de la

Corporación de Fomento inició los trabajos geológicos regionales en la provincia de Atacama en el año 1955, se hizo necesaria una revisión de las unidades definidas por Biese, tanto para estudiar su desarrollo litológico, conocer sus facies laterales y verticales, completar el conocimiento de sus relaciones estratigráficas y estructurales y comprobar su validez regional, como para obtener más antecedentes biostratigráficos que contribuyeran a un mejor conocimiento de las secuencias faunísticas y a una cronología más precisa. Por esta razón, se encomendó al autor, con la ayuda de los Srs. Raúl Salas y Francisco Ortiz (actualmente Geólogos del Instituto de Investigaciones Geológicas) el estudio del Neocomiano marino en el sector comprendido entre las quebradas Meléndez y Cerrillos (fig.1).

Los resultados estratigráficos de este estudio se expresaron en un informe titulado "El Cretácico Inferior en la provincia de Atacama", en el año 1955, que cumpliendo con sus objetivos más inmediatos, proporcionó la información necesaria para el levantamiento geológico a escala 1:50.000, pero permaneció inédito, aunque disponible para consulta en el Instituto de Investigaciones Geológicas.

En ese informe se propuso algunas modificaciones al esquema estratigráfico de Biese y se complementó la definición de las diferentes formaciones, ampliándose también el conocimiento de sus relaciones de contacto. Sin embargo, y aun cuando el esquema modificado propuesto fue adoptado por los geólogos que realizaron el levantamiento geológico a escala 1:50.000, el hecho de que no se expresara en una publicación, no lo valida según las normas estratigráficas vigentes. Además, la fauna recolectada con control estratigráfico preciso, cuya ubicación se encuentra en secciones columnares detalladas, no ha sido estudiada en su totalidad con fines de Paleontología sistemática.

Por estas razones, y con el objeto de formalizar las proposiciones estratigráficas contenidas en ese informe y de poner a disposición de los interesados la información biostratigráfica obtenida, se ha estimado conveniente la presente publicación. Ella está basada en el informe original del año 1955, al cual se le ha hecho ligeras modificaciones en base a estudios realizados posteriormente, pero tratando de mantener en lo posible el texto original.

#### Ubicación del área estudiada

Durante el presente trabajo se estudió la franja de sedimentos marinos del Neocomiano en la región ubicada al sureste de Copiapó, provincia de Atacama, en

un tramo comprendido entre Quebrada Meléndez por el norte y Quebrada Cerrillos por el sur. Ambas quebradas, de dirección este-oeste, confluyen al valle del río Copiapó a distancias de 13 km y de 24 km, respectivamente, de la ciudad de Copiapó (fig.1).

En Quebrada Meléndez los sedimentos se extienden desde su desembocadura, a 2 km al norte de Tierra Amarilla, hasta aproximadamente 8 km hacia el este. En ella aparecen expuestas todas las unidades discutidas en el presente trabajo.

En Quebrada Cerrillos, la franja sedimentaria se extiende hasta 6 km hacia el este de su desembocadura en el río Copiapó, entre los pueblos de Nantoco y Totoralillo, ocupando un ancho mucho mayor hacia el oeste.

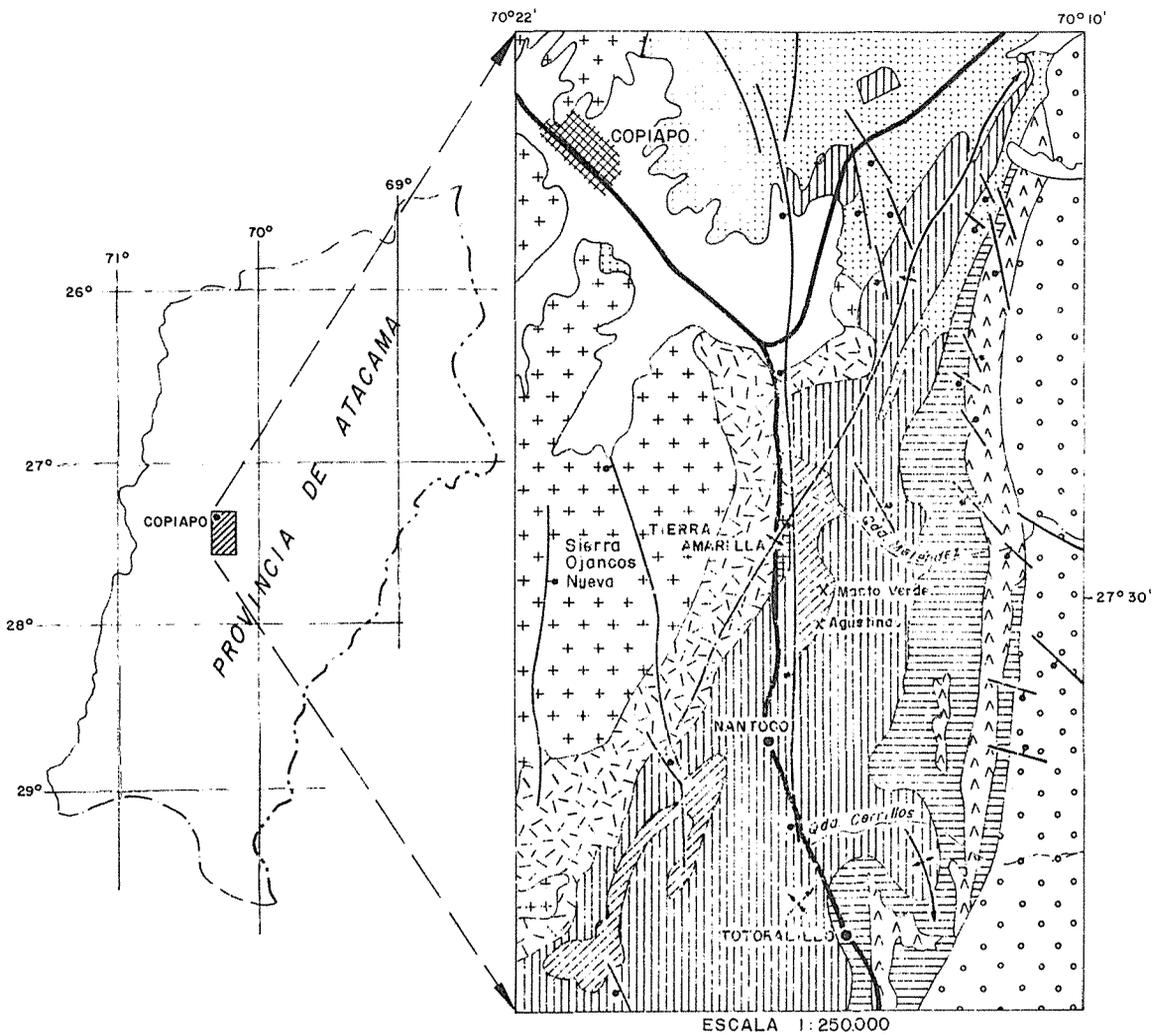
En esta área queda incluido el Distrito Minero Punta del Cobre, ubicado a 1 km al sur de Tierra Amarilla, al sureste del cual Biese (1942) estudió un perfil completo de los sedimentos marinos, sobre el que basó la delimitación y definición de varias formaciones.

Además del camino principal que une Copiapó con los distintos pueblos ubicados hacia el sur, en el valle del río Copiapó, existen caminos de tierra en las quebradas Meléndez y Cerrillos, que permiten un fácil acceso a toda la secuencia marina.

#### Antecedentes geológicos generales

El primer estudio comprensivo de la región ubicada al sur de Copiapó, fue el realizado por Biese (1942) quien puso especial énfasis en la franja de sedimentos marinos allí expuesta. Dicho autor efectuó un levantamiento geológico regional, aun cuando no dispuso de una base topográfica adecuada, de una franja de aproximadamente 40 km de largo por un ancho de 9 a 14 km, comprendida entre Copiapó y Chañarillo. En esta franja, en cuyo sector norte queda incluido el segmento comprendido entre Quebrada Meléndez y Quebrada Cerrillos, Biese diferenció las unidades litológicas asociadas a la secuencia neocomiana marina, denominada formación Chañarillo por Whitehead (1919); en ésta distinguió, de más antigua a más joven, las formaciones Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón. El autor citado (1942) compiló esta información en un mapa geológico que fue publicado a una escala aproximada de 1:150.000.

Con posterioridad al estudio estratigráfico que se informa en el presente trabajo, se realizó en la parte central de la provincia de Atacama, el levantamiento geológico a escala 1:50.000 de ocho cuadrángulos



ESCALA 1:250.000

### LEYENDA

	DEPOSITOS ALUVIALES Y TERRAZAS.	- Cuaternario		FALLA	
	FORMACION CERRILLOS. ROCAS CLASTICAS CONTINENTALES Y ROCAS VOLCANICAS PRINCIPALMENTE ANDESITICAS.	- Cretácico Sup.		EJE SINCLINAL	
	FORMACION BANDURRIAS. ROCAS CLASTICAS Y VOLCANICAS CONTINENTALES, CON INTERCALACIONES DE ROCAS SEDIMENTARIAS MARINAS.	} Cretácico inferior		EJE ANTICLINAL	
	FORMACIONES PABELLON Y TOTORALILLO, INDIFERENCIADAS. PRINCIPALMENTE CALIZAS, LUTITAS CALCAREAS Y ARENSICAS.		} Neocomiano		PRINCIPALMENTE GRANODIORITA. CRETACICO Y/O TERCARIO
	FORMACIONES ABUNDANCIA Y NANTOCO, INDIFERENCIADAS. PRINCIPALMENTE ARENSICAS Y CALIZAS.				ANDESITA INTRUSIVA CRETACICO
	FORMACION PUNTA DEL COBRE. ROCAS VOLCANICAS, LUTITAS Y CONGLOMERADOS.				ROCAS DEL CRETACICO INFERIOR CON METAMORFISMO DE CONTACTO.

Fig. 1. Mapa de ubicación del área estudiada y de distribución del Neocomiano marino (basado en Segerstrom, 1968)

que cubren el área comprendida entre los paralelos  $27^{\circ}$  y  $28^{\circ}$  y los meridianos  $70^{\circ}$  y  $70^{\circ}30'$ . Con el objeto de ilustrar la distribución areal de los sedimentos neocomianos discutidos en este informe y sus relaciones con otras unidades distinguidas posteriormente, se incluye un mapa simplificado (fig.1) basado en los cuadrángulos Quebrada Paipote (Segerstrom, 1960), Cerrillos (Segerstrom y Parker, 1959), Pintadas (Segerstrom *et al.*, 1963) y Copiapó (Segerstrom y Ruiz, 1962).

En esta área la franja de sedimentos marinos neocomianos, que constituyen el grupo Chañarcillo definido por Segerstrom y Parker (1959), se extiende desde la Quebrada Paipote hacia el sur; en su extremo norte es muy delgada, y se ensancha progresivamente hacia el sur, en parte debido al desarrollo de una estructura anticlinal general cuyo eje, de dirección nor-este, cruza el valle del río Copiapó en la latitud de Tierra Amarilla. En el sector Quebrada Meléndez-Quebrada Cerrillos, las formaciones tienen inclinación hacia el este. En la parte superior de la secuencia marina se presenta una franja de rocas intrusivas andesíticas, que probablemente elimina algunos horizontes sedimentarios. Sobre éstos se dispone discordantemente la formación Cerrillos definida por Segerstrom y Parker (1959, p. 10) cuya parte inferior, el miembro Checo de Cobre, fue individualizado como rocas clásticas continentales en el informe de 1955 del presente autor. Hacia el oeste, los sedimentos neocomianos están intruidos por extensos afloramientos de rocas granodioríticas, existiendo una zona de metamorfismo de contacto entre ambos (Segerstrom, 1968, mapa). Hacia el norte de la Quebrada Paipote, la franja sedimentaria marina (Grupo Chañarcillo) es reemplazada por la formación Bandurrias (Segerstrom, 1960), constituida por rocas volcánicas y clásticas continentales, que engrana en distintos niveles con los sedimentos marinos del Grupo Chañarcillo (Segerstrom, 1963; 1968, p.21).

#### Trabajos de Terreno y de Laboratorio

Los trabajos de terreno se realizaron en el año 1955, durante aproximadamente tres meses. Ellos consistieron en el levantamiento estratigráfico detallado y recolecciones paleontológicas sistemáticas en toda la sección expuesta en Quebrada Meléndez, en la parte superior de los afloramientos en Quebrada Cerrillos, y en perfiles locales al este del distrito Punta del Cobre. El levantamiento se realizó con brújula y huincha, con estricto control de su posición y medición de los ángulos de pendiente y de inclinación de las capas. Los muestreos petrográficos y paleontológicos se ubicaron en la poligonal según el metraje co-

rrespondiente en la huincha. Los cálculos de espesor se realizaron diariamente al final de la jornada de terreno. La fauna recolectada en cada nivel de la secuencia, fue individualizada con un sólo número, que es el que está indicado en las secciones columnares aquí incluidas. La colección completa, que aún no ha sido estudiada con fines de Paleontología sistemática, quedó incorporada en las colecciones del Laboratorio Paleontológico del Instituto de Investigaciones Geológicas (I.I.G.). El estudio de ésta fue solamente hecho a nivel genérico y no completo; se prestó especial atención a las formas de mayor valor cronológico y a aquellas que permitieran caracterizar la asociación faunística en cada nivel.

En el levantamiento estratigráfico detallado y recolección sistemática de la abundante fauna fósil que contienen los sedimentos neocomianos en esta región, participaron con especial dedicación los Srs. Raúl Salas y Francisco Ortíz. Además de su eficiente labor en el terreno y en la individualización de las muestras, ellos contribuyeron en forma importante en la localización de los horizontes fosilíferos y en la determinación de su extensión vertical.

#### ESTRATIGRAFIA

Los sedimentos marinos de la región al sur de Copiapó, fueron primeramente individualizados como una sola unidad, a la cual Whitehead (1919, p.7), dió el nombre de formación Chañarcillo. Su edad neocomiana fue reconocida por autores como Paulcke (1903) Ihering (1903) y Fritzche (1923) en base al estudio de fósiles recolectados por Steinmann en diferentes localidades.

Biese (1942), en el primer estudio estratigráfico de la secuencia, estableció su subdivisión en 4 formaciones, recolectando en cada una, una abundante fauna fósil.

De más antigua a más joven estas formaciones son: Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón; su edad fue considerada preliminarmente como correspondiente al lapso Hauteriviano-Aptiano hasta probablemente Albiano (Biese, *op. cit.*, p. 445). Tavera (1956) estudió la fauna recolectada por Biese, concluyendo un rango de edad para toda la secuencia, comprendida entre el Valanginiano superior (próximo al límite Valanginiano-Hauteriviano) y el Aptiano inferior ó el límite Barremiano-Aptiano (Tavera, *op. cit.*, p. 210, 213). Posteriormente, Segerstrom y Ruiz (1962, p.23) reconocieron una unidad infrayacente a la formación Abundancia, proponiendo para ella el nombre de formación Punta del Cobre. Ella está constituida por ro-

cas predominantemente volcánicas, de origen submarino, con intercalaciones de lutitas y conglomerados brechosos finos, típicamente expuestos en la mina Manto Verde del Distrito Minero Punta del Cobre. Según los autores citados (1952, p. 23, 25), la formación Punta de Cobre tiene un espesor conocido de 680 m e infrayace con ligera discordancia local de erosión a la formación Abundancia; su base se desconoce.

Segerstrom y Parker (1959, p. 6) incluyeron originalmente en el grupo Chañarillo solamente las 4 formaciones definidas por Biese (1942). Posteriormente Segerstrom y Ruiz (1962), junto con definir la formación Punta de Cobre y aunque sin especificarlo en forma precisa, incluyeron esta unidad como la secuencia más antigua del grupo Chañarillo.

El estudio estratigráfico realizado por el autor en el año 1955, sólo se refiere a las formaciones Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón; éstas son las que se discuten en el presente trabajo.

#### Formación Abundancia

**Definición, Límites y Distribución.** Biese (1942) designó con el nombre de Capas de Abundancia a los estratos inferiores de la secuencia neocomiana marina expuesta en la región de Copiapó. La sección tipo se ubica en el sector al este de la mina Abundancia, al sur de Punta del Cobre. Allí estos estratos están intruidos en su base por lo que el autor citado denominó roca eruptiva basal-albitófiro e infrayacen, concordantemente, a la unidad que ese mismo autor denominó Caliza de Nantoco (op. cit., p. 443). Estas capas constituyen buenos afloramientos en ambos lados del valle del río Copiapó y muy especialmente en el flanco oriental, en el tramo comprendido entre Punta Bateas y Quebrada Meléndez.

Con el objeto de precisar los límites inferior y superior de esta secuencia y conocer su desarrollo litológico vertical, se levantaron tres perfiles (A, B y C) en aquellos lugares en que se la observó en su mejor desarrollo. Estos se ubican de la siguiente manera:

- Perfil A - Quebrada Meléndez, aproximadamente 2 km al norte de Tierra Amarilla.
- Perfil B - Más o menos a 500 m al sur de la mina Agustina, frente a Punta Bateas.
- Perfil C - 300 m al noreste de la mina Abundancia, al sur de Punta del Cobre.

El estudio detallado de cada uno de estos perfiles ha demostrado que su reconocimiento como unidad

cartográfica formacional es válido y que la sección es más completa en Quebrada Meléndez (Perfil A). El nombre de formación Abundancia, en reemplazo de Capas de Abundancia, fue propuesto por Biese (in Hoffstetter *et al.*, 1959, p. 13).

En su área de distribución, las capas basales de la formación Abundancia están siempre en relación con una roca ígnea, generalmente designada como albitófiro por su alto contenido de albita y que probablemente corresponde a un cuerpo intrusivo tipo filón manto. El límite superior de la unidad es bien preciso y se puede reconocer en cualquier lugar, tanto por las diferencias litológicas con la formación suprayacente como por un evidente cambio en el contenido faunístico. El color predominante de los estratos de la formación Abundancia es gris verdoso, determinado principalmente por la presencia de areniscas tobáceas de ese color. Las capas más superiores consisten en areniscas tobáceas de color gris verde claro y en algunas partes, como sucede en Quebrada Meléndez, con intercalaciones de caliza compacta gris clara. Sobre éstas se dispone la formación Nantoco, que en su base está constituida por areniscas, calizas muy compactas gris claras a gris oscuras con color de meteorización rojizo, en bancos delgados, en las que aparecen concreciones ferruginosas y abundantes *Exogyra* de pequeño tamaño.

**Litología y Espesor.** La formación Abundancia está constituida por una alternación de areniscas en parte tobáceas, de color predominantemente gris verdoso y calizas compactas gris claras a gris verdosas claras. Existen también intercalaciones de lutitas, generalmente muy silicificadas. Las capas basales muestran efectos de metamorfismo debido a la intrusión de albitófiro. Las areniscas, que son los elementos más característicos de la formación Abundancia, varían desde grano fino a medio, grueso y conglomerádicas. El cemento es calcáreo; los clastos corresponden principalmente a queratófiros de diversas texturas, con o sin cuarzo en la masa fundamental; predomina en algunos la textura porfírica de masa fundamental traquítica o hialofítica; en otros se observa textura perlítica.

La secuencia litológica en Quebrada Meléndez es la siguiente (fig. 2).

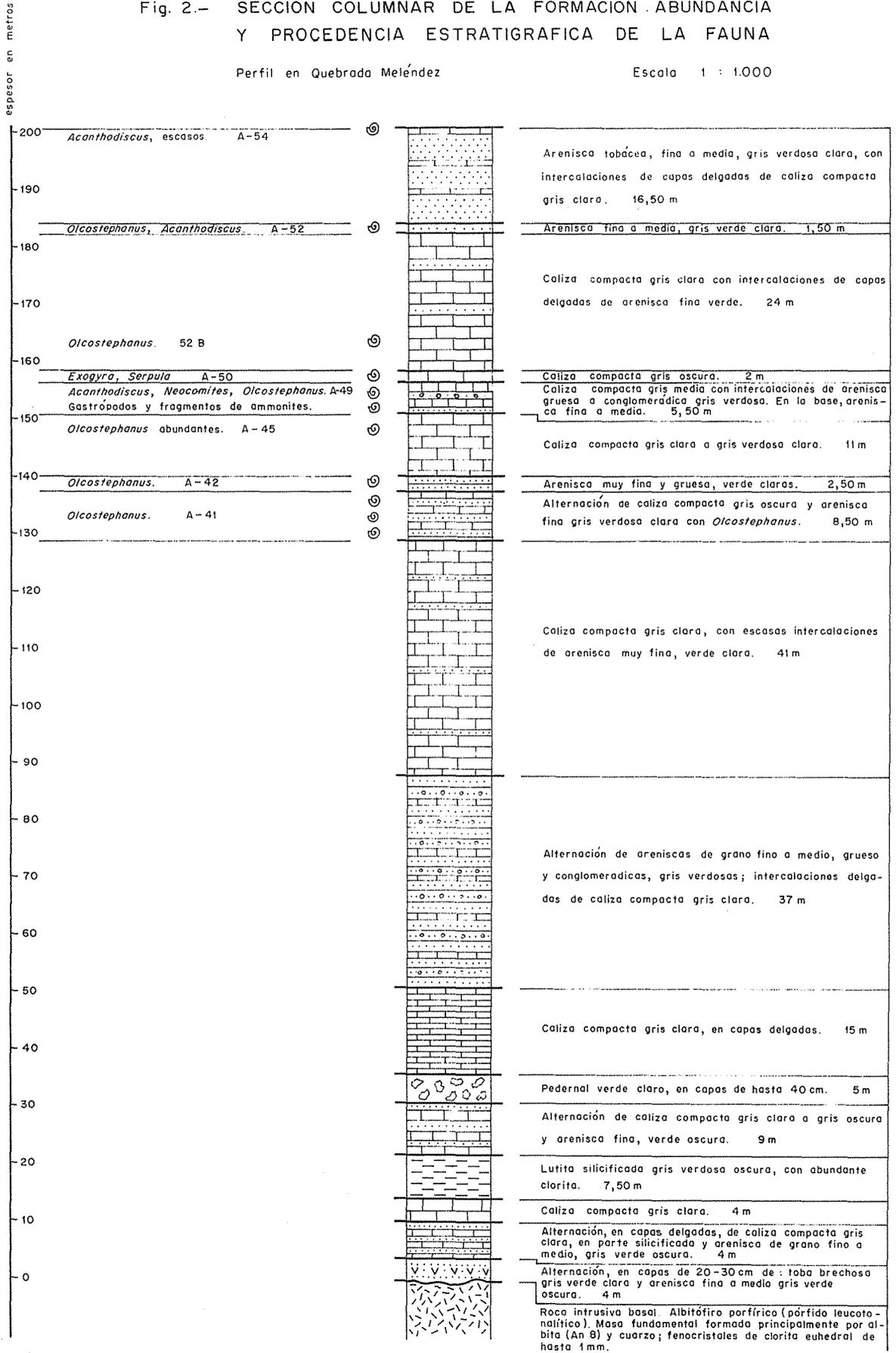
Techo : Formación Nantoco

Arenisca tobácea gris verdosa clara, con intercalaciones de capas delgadas de caliza compacta gris

Fig. 2.- SECCION COLUMNAR DE LA FORMACION ABUNDANCIA Y PROCEDENCIA ESTRATIGRAFICA DE LA FAUNA

Perfil en Quebrada Meléndez

Escala 1 : 1.000



clara. Incluye un banco de caliza con escasos moldes de <i>Acanthodiscus</i> .	16,50 m	oscura.	9,00 m
Arenisca fina a media, gris verde clara, con : <i>Olcostephanus</i> , <i>Acanthodiscus</i> y <i>Nautilus</i> .	1,50 m	Lutita silicificada gris verdosa algo oscura, con abundante clorita.	7,50 m
Caliza compacta gris clara, con intercalaciones de capas delgadas de arenisca fina, verde. Un banco de <i>Olcostephanus</i> .	24,00 m	Alternación en capas delgadas, de caliza compacta silicificada gris clara, con arenisca de grano fino a medio verde oscura y lutita silicificada verde clara.	14,50 m
		Total	200,00 m
Caliza compacta gris oscura, con abundantes <i>Exogyra</i> y <i>Serpula</i> .	2,00 m	El espesor de 200 m en la Quebrada Meléndez, se reduce a aproximadamente 100 m en la región al este de la mina Agustina, lo que estaría condicionado principalmente por el contacto irregular del albitófirro basal.	
Areniscas de grano medio a grueso, gris algo oscuras, con <i>Acanthodiscus</i> , <i>Neocomites</i> , <i>Olcostephanus</i> , <i>Nautilus</i> , <i>Exogyra</i> , <i>Arca</i> , <i>Pleurotomaria</i> , <i>Aporrhais</i> , y algunos echi-noídeos.	5,50 m	<b>Edad y Correlación.</b> Las partes media y superior de la formación Abundancia son las que contienen los estratos más fosilíferos; corresponden principalmente a areniscas tobáceas gris oscuras y calizas compactas, en parte arenosas, también gris oscuras. La fauna es muy característica de la formación, ya que la mayoría de sus elementos no vuelven a aparecer en las formaciones estratigráficamente superiores a ésta.	
Caliza compacta gris clara a gris verdosa clara. <i>Olcostephanus</i> abundantes.	11,00 m		
Arenisca muy fina verde clara y arenisca gruesa verde clara. Dos bancos con <i>Olcostephanus</i> .	2,50 m	Fósiles predominantes y que existen en gran abundancia, son los ammonoídeos representados por: <i>Olcostephanus curacoensis</i> Weaver, <i>Olcostephanus copiapuensis</i> nov. sp., varias formas de <i>Acanthodiscus</i> y <i>Neocomites</i> aff. <i>neocomiensis</i> D'Orbigny. Aparece también junto con éstos, <i>Nautilus perstriatus</i> Steuer. En esta fauna es muy significativa la presencia de frecuentes <i>Olcostephanus curacoensis</i> Weaver, especie que su autor describe como proveniente de los estratos marinos de la formación Mulichinco (fig. 7), ubicada a 2 km al este del lago Auquilco en el norte de Neuquén, de edad valanginiana superior (Weaver, 1931). Esta misma edad le atribuye Leanza a la especie, en su cuadro estratigráfico propuesto en 1945. Las formas de <i>Acanthodiscus</i> que aquí se encuentran, presentan afinidades con elementos del Hauteriviano inferior argentino. Sin embargo, este Piso no estaría representado en la formación Abundancia, ya que <i>Acanthodiscus</i> se presenta en las mismas capas con <i>Olcostephanus curacoensis</i> Weaver. Teniendo en cuenta la distribución vertical de esta última especie, se asigna a la formación Abundancia una edad valanginiana superior. Su correlación cronológica más probable es con la formación Mulichinco del Cretácico Inferior del Neuquén (Argentina). Recolecciones más recientes realizadas por el autor en estratos de la for-	
Alternación de caliza muy compacta gris oscura, con arenisca fina gris verdosa clara con <i>Olcostephanus</i> .	8,50 m		
Caliza muy compacta gris clara, con escasas intercalaciones de arenisca muy fina, verde clara.	41,00 m		
Alternación de arenisca gris verdosa de grano fino a medio, grueso y conglomerádicas, con intercalaciones delgadas de caliza compacta gris clara.	37,00 m		
Caliza compacta gris clara, en bancos delgados.	15,00 m		
Pedernal verde claro, en capas de hasta 0,40 m.	5,00 m		
Alternación de arenisca fina verde oscura con caliza compacta gris			

mación Abundancia en la región de Copiapó, han demostrado que las capas con *Olcostephanus curacoensis* contienen también *Lissonia riveroi* (Lisson), lo que confirma la edad valanginiana superior de la formación.

#### Formación Nantoco

**Definición, Límites y Distribución.** Esta unidad fue designada originalmente con el nombre de Calizas de Nantoco (Biese, 1942, p. 442) y posteriormente caracterizada con el rango de formación (Biese, in Hoffstetter *et al.*, 1957, p. 237). Aunque el nombre deriva del pueblo de Nantoco en el valle del río Copiapó, la localidad y sección tipo se encuentran a unos 6 km al nor-noreste de ese pueblo y a 2 km al este de Punta del Cobre. La formación Nantoco corresponde a la secuencia de calizas marinas de mayor espesor expuesta en la región de Copiapó, y se intercala concordantemente entre las formaciones Abundancia, infrayacente, y Totoralillo, suprayacente. El contacto inferior está definido por la primera aparición de capas de caliza compacta gris oscura, con color de meteorización pardo rojizo con abundantes concreciones ferruginosas, que se disponen sobre areniscas tobáceas gris verdosas de la formación Abundancia. El contacto superior también está marcado por un cambio litológico importante, ya que sobre las calizas compactas de la parte más superior de la formación Nantoco se dispone una secuencia de lutitas calcáreas muy fosilíferas, que corresponden a la formación Totoralillo. Según Biese (1942) la unidad se extiende en forma ininterrumpida desde Paipote por el norte hasta más al sur de Chañarcillo y, en afloramientos más aislados, hasta más al sur del río Huasco. Las calizas de La Verbena y de Las Cañas, en este último tramo, corresponderían a la sección más inferior de la formación Nantoco.

**Litología y Espesor.** La formación Nantoco está constituida principalmente por calizas de color gris claro a gris oscuro, en capas delgadas a gruesas, con intercalaciones de lutitas calcáreas predominantes en la parte media de la unidad, y calizas gris oscuras, brechosas, en parte bituminosas, en los 120 metros superiores de la formación.

Basado en parte en la distribución vertical de tipos litológicos y en parte en cambios faunísticos, Biese (op. cit., p. 442) subdividió esta formación en 3 unidades a las que no definió explícitamente como miembros, pero a las cuales representó separadamente en el mapa geológico a escala aproximada 1:150.000. Estas son, de arriba hacia abajo, las siguientes:

Nantoco Gama	- Caliza "esquistosa" gris clara a negra, bituminosa.	50-80 m
Nantoco Beta	- "Caliza esquistosa" gris clara, con colores de alteración amarillo y rojizo.	250-300 m
Nantoco Alfa	- Caliza gris clara, compacta, en bancos gruesos	300-400 m
Total		600-780 m

El estudio estratigráfico detallado de esta formación en Quebrada Meléndez, a 3 km al noreste de Tierra Amarilla, ha permitido reconocer que si bien la unidad Nantoco Gama es de fácil individualización en el terreno, las unidades Nantoco Alfa y Beta presentan pocas diferencias litológicas y su separación se hace difícil si no se cuenta con antecedentes faunísticos. Biese (op. cit., p. 446) ubica el límite entre ambas en el nivel estratigráfico que contiene *Cerithinella* y los primeros ammonites del género *Crioceras*; este límite, que es más bien biostratigráfico, no resulta práctico para los fines del levantamiento geológico regional. Se propone, en consecuencia, la distinción de solamente dos miembros en la formación Nantoco, que serían los siguientes:

#### - Miembro superior,

constituido por calizas gris oscuras, calizas bituminosas, en parte brechosas, que generalmente contienen abundante yeso. Corresponde a la unidad Nantoco Gama de Biese.

#### - Miembro inferior,

constituido por calizas compactas, gris claras a gris oscuras, con escasos fósiles y abundantes concreciones ferruginosas en su parte inferior y media y con intercalaciones de lutitas calcáreas, fosilíferas, en su parte superior. Corresponde a las unidades Nantoco Alfa y Beta de Biese (op. cit.)

En los levantamientos geológicos a escala 1:50.000 realizados en la región al este y sur de Copiapó, especialmente en la región de los cuadrángulos Cerrillos (Segestrom y Parker, 1959), Quebrada Paipote (Segestrom, 1960), Pintadas (Segestrom *et al.*, 1963) y Chañarcillo (Segestrom y Moraga, 1964) se ha podido distinguir estos dos miembros en la formación

Nantoco, ya que además de una obvia diferencia en su litología, el miembro superior, por su gran contenido de yeso se presenta por lo general más deformado que el miembro inferior, constituyendo una franja de afloramientos muy característica. El contacto entre ambos miembros está marcado por el cambio de calizas gris medias en capas delgadas con intercalaciones de lutitas calcáreas del miembro inferior, a la caliza compacta gris oscura del miembro superior, que contiene abundantes pequeños gastrópodos (*Valvata*, *Hydrobia*) y que en parte se presenta muy fracturada, brechosa y yesífera.

La formación Nantoco, estudiada en Quebrada Meléndez, 2-3 km al norte del perfil estudiado por Biese en base al cual definió la unidad, está constituida de la siguiente manera (fig.3):

Techo: Formación Totoralillo. Lutitas calcáreas gris claras.

**- Miembro superior,**

Caliza compacta gris oscura, en parte pizarrosa, con bandas de meteorización pardo-rojizas y grises alternadas. En los 15 m superiores contiene varias capas delgadas con *Lucina*, *Nucula* y otros pequeños bivalvos mal conservados. 83,00 m

Caliza compacta gris oscura, en parte brechosa, con abundantes vetillas de calcita. En la base, brecha calcárea con clastos de caliza gris oscura. 12,00 m

Alternación, en capas delgadas, de caliza pizarrosa gris oscura, con arenisca gris clara de grano medio. 15,00 m

Caliza pizarrosa gris oscura. 7,00 m

Caliza pizarrosa gris oscura, con 4 capas muy fosilíferas (*Valvata*, *Hydrobia*, *Bythinia*, *Lucina*). 7,00 m

Espeor del miembro superior 124,00 m

**- Miembro inferior**

Caliza compacta gris media a gris oscura, en capas delgadas, con intercalaciones de capas delgadas de lutita calcárea. Escasos fósiles (*Exogyra*). 145,00 m

Caliza compacta gris clara, con intercalaciones de lutita calcárea del mismo color. Escasos fósiles (*Serpula*, *Exogyra*). 50,00 m

Alternación, en capas delgadas, de caliza compacta gris oscura y lutita calcárea gris oscura. 16,00 m

Lutita calcárea gris oscura, en capas delgadas, con abundantes fósiles: *Turritella*, *Serpula*, *Exogyra*, *Crioceras*. En la parte media de la sección, intercalación de arenisca verde de grano fino, de 2 m de espesor. 20,00 m

Alternación, en capas delgadas, de caliza gris clara y lutita calcárea gris clara. *Crioceras* muy abundantes. 20,00 m

Caliza compacta gris oscura con *Exogyra*, *Serpula* y abundantes concreciones ferruginosas. En la base, capa con abundantes *Terebratula* y *Exogyra*, de 5 m de espesor. 55,00 m

Caliza compacta gris clara a gris oscura, en capas delgadas; superficie meteorizada color pardo a pardo-rojizo. Abundantes concreciones ferruginosas y escasos *Nautilus* y *Exogyra*. Intercalación de una capa de toba verde clara, de 0,30 m de espesor. 320,00 m

Pedernal gris-rojizo, algo calcáreo. 6,50 m

Toba verde clara, con abundantes feldespatos. 22,00 m

Caliza compacta gris clara a gris oscura, con abundantes concreciones ferruginosas. 97,00 m

Espeor del miembro inferior 751,00 m

Espeor total de la formación Nantoco 875,00 m

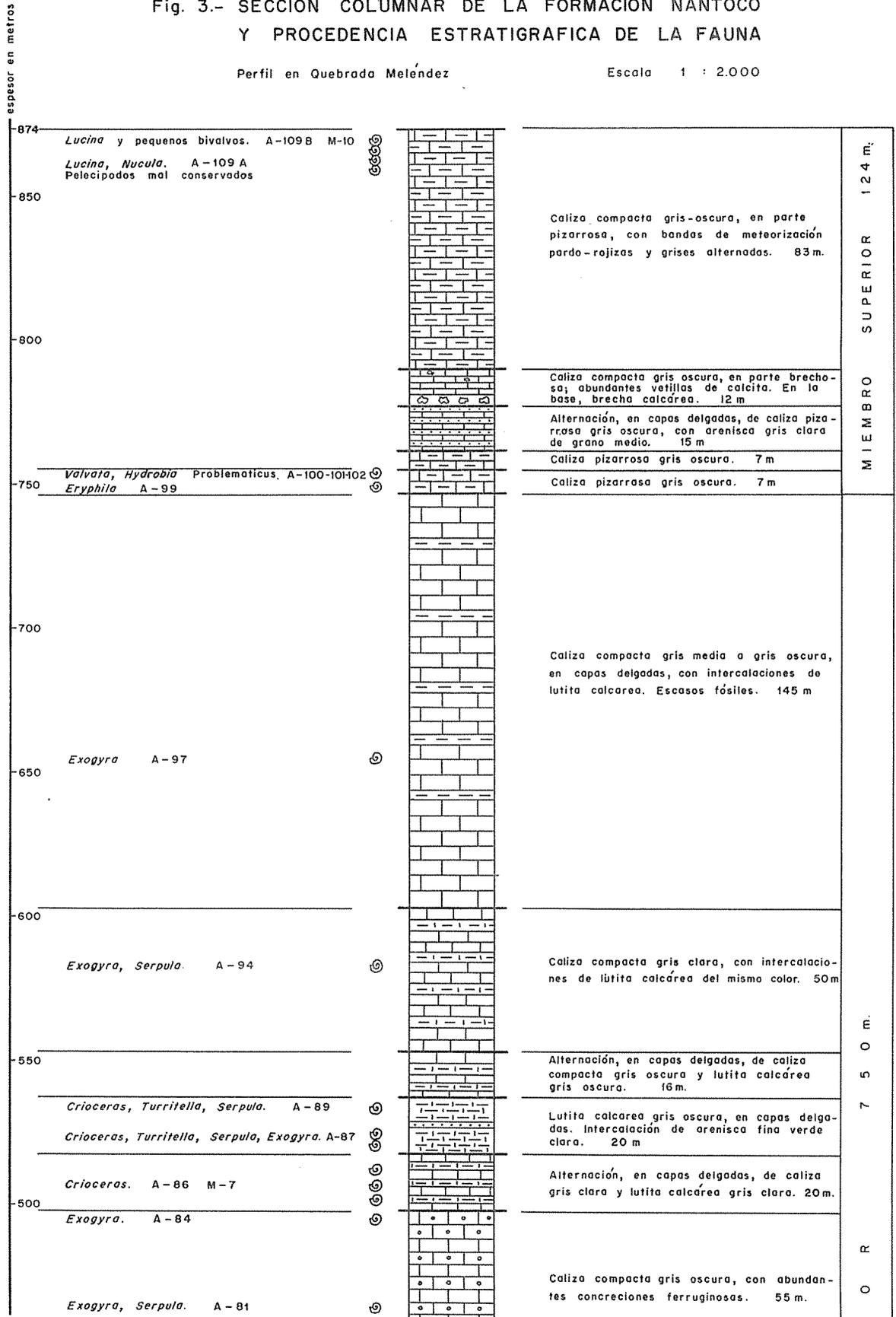
Base: Formación Abundancia. Tobas gris verde claras.

Biese determinó para la formación Nantoco un espeor total variable entre 600 y 780 m. El perfil estu-

Fig. 3.- SECCION COLUMNAR DE LA FORMACION NANTOCO  
Y PROCEDENCIA ESTRATIGRAFICA DE LA FAUNA

Perfil en Quebrada Melendez

Escala 1 : 2.000



450 *Terebratula, Exogyra* A-79

400 *Exogyra* A-78

*Exogyra, Serpula.* A-76

*Exogyra.* A-75

350

*Exogyra* A-73

300 *Exogyra, Serpula.* A-72

250 Toba verde clara; cemento calcáreo; fragmentos homogéneos de lava pilotaxítica con poros rellenos con clorita. 0.30m. A-69.

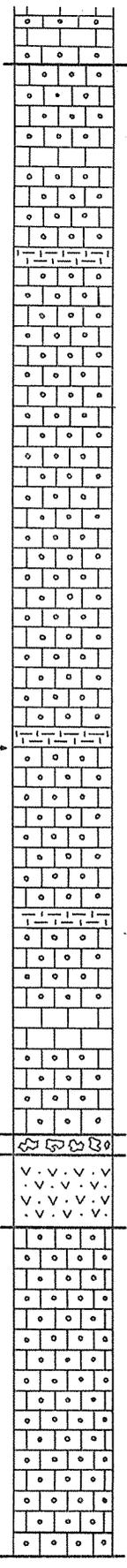
200 *Exogyra, Serpula.* A-68

150 *Nautilus* A-65

100

50

0



Caliza compacta gris clara a gris oscura en capas delgadas; superficie meteorizada color pardo a pardo-rojizo. Abundantes concreciones ferruginosas. 320 m.

Chert gris rojizo, algo calcareo. 6,50 m

Toba verde clara, con abundantes feides-patos. A-63. 22 m.

Caliza compacta gris clara a gris oscura, con abundantes concreciones ferruginosas. 97 m.

diado en Quebrada Meléndez indica un espesor total de 875 m, de los cuales 124 m corresponden al miembro superior (= Nantoco Gama) y los 751 m restantes, al miembro inferior de la unidad (= Nantoco Alfa y Beta).

**Edad y Correlación.** Las únicas formas fósiles de valor cronológico encontradas en la formación Nantoco son ammonites del género *Crioceras*, que se presentan a 500 m de la base de la unidad (fig. 3). Bajo este nivel fosilífero, los fósiles más frecuentes son pequeñas formas de *Exogyra*, *Serpula* y escasos *Nautilus*. Los ammonites corresponden a la forma *Crioceras andinum* Gerth, descrita para el Neocomiano de la región del Neuquén, Argentina. Según Weaver (1931, p. 466) esta especie se presenta en la parte media de la mitad superior de la formación Agrio en el Neuquén, y tendría una edad hauteriviana superior - barremiana inferior.

En consideración a que la especie tiene su primera aparición a 500 m de la base de la formación Nantoco, los 375 m superiores de la unidad, correspondientes a la parte alta del miembro inferior y al miembro superior, serían asignables al Hauteriviano superior. El resto de la formación, o sea la mayor parte del miembro inferior, representaría en consecuencia el Hauteriviano inferior; corrobora esta edad el hecho de que este miembro se sobrepone concordantemente a la formación Abundancia, de edad valanginiana superior. La correlación cronológica más probable de la formación Nantoco, es con la parte inferior y media de la formación Agrio en el territorio de Neuquén, Argentina (fig. 7).

#### Formación Totoralillo

**Definición, Límites y Distribución.** En el tramo comprendido entre las quebradas Meléndez y Cerrillos y hacia el este de la franja ocupada por las formaciones Abundancia y Nantoco, Biese (1942, p. 442) distinguió una secuencia de margas (\*) de 150 a 180 m de espesor, para las cuales propuso el nombre de Margas de Totoralillo, aludiendo al pueblo de ese nombre, ubicado a unos 2,5 km al sur de la desembocadura de la quebrada Cerrillos en el valle del río Copiapó. La secuencia fue posteriormente considerada con rango formacional (Biese, in Hoffstetter *et al.*, 1957, p.355), indicándose que las localidades típicas se encuentran a 5 km al este de Punta de Cobre y al suroeste del pueblo de Totoralillo.

Originalmente Biese describió esta formación según un perfil trazado al este de Punta de Cobre y al sur de Quebrada Meléndez, el cual coincide bastante bien con el obtenido durante el presente estudio en Quebrada Meléndez; ésta debe reconocerse como la sección típica. La formación presenta arealmente un desarrollo litológico muy uniforme, consistente en lutitas calcáreas alternadas con caliza margosa, en capas delgadas; ella se dispone concordantemente entre las formaciones Nantoco, infrayacente y Pabellón, sobreayacente. El contacto inferior es fácilmente reconocible por el cambio de calizas compactas gris oscuras del techo de la formación Nantoco a lutitas calcáreas muy fosilíferas, de estratificación fina, que caracterizan la formación Totoralillo. El contacto superior está definido por el cambio de lutitas calcáreas de esta unidad, a pedernal gris muy oscuro que se presenta en los 40 metros basales de la formación Pabellón.

**Litología y Espesor.** La formación Totoralillo fue estudiada en detalle en Quebrada Meléndez, donde sus primeros afloramientos se encuentran aproximadamente a 5 km al este del valle del río Copiapó. Está constituida por una alternación, en capas delgadas, de lutita calcárea gris clara a gris oscura, y caliza margosa del mismo color; contiene escasas intercalaciones de caliza compacta gris clara a gris oscura. La unidad se destaca por su estratificación fina y por ser muy fosilífera. Biese (1942, p. 442) distinguió en esta formación una secuencia inferior, de 150 a 180 m de espesor, que designó como Margas de Totoralillo Alfa, y una superior de 20 a 40 m de espesor, denominada Margas de Totoralillo Beta. Si bien podría hacer esta separación en base a un estudio muy detallado de la fauna, las diferencias que se pueden establecer paleontológicamente no son tan importantes como para aceptar esta subdivisión, ni aún con fines biostratigráficos. Además, no existe ningún quiebre litológico que pudiese en parte justificarla. En consecuencia, no se distinguen miembros en esta unidad, cuyo espesor total es de 226 m.

La secuencia litológica y distribución vertical de los niveles fosilíferos de esta formación se indican en la figura 4, cuyo resumen es el siguiente:

Techo: Formación Pabellón

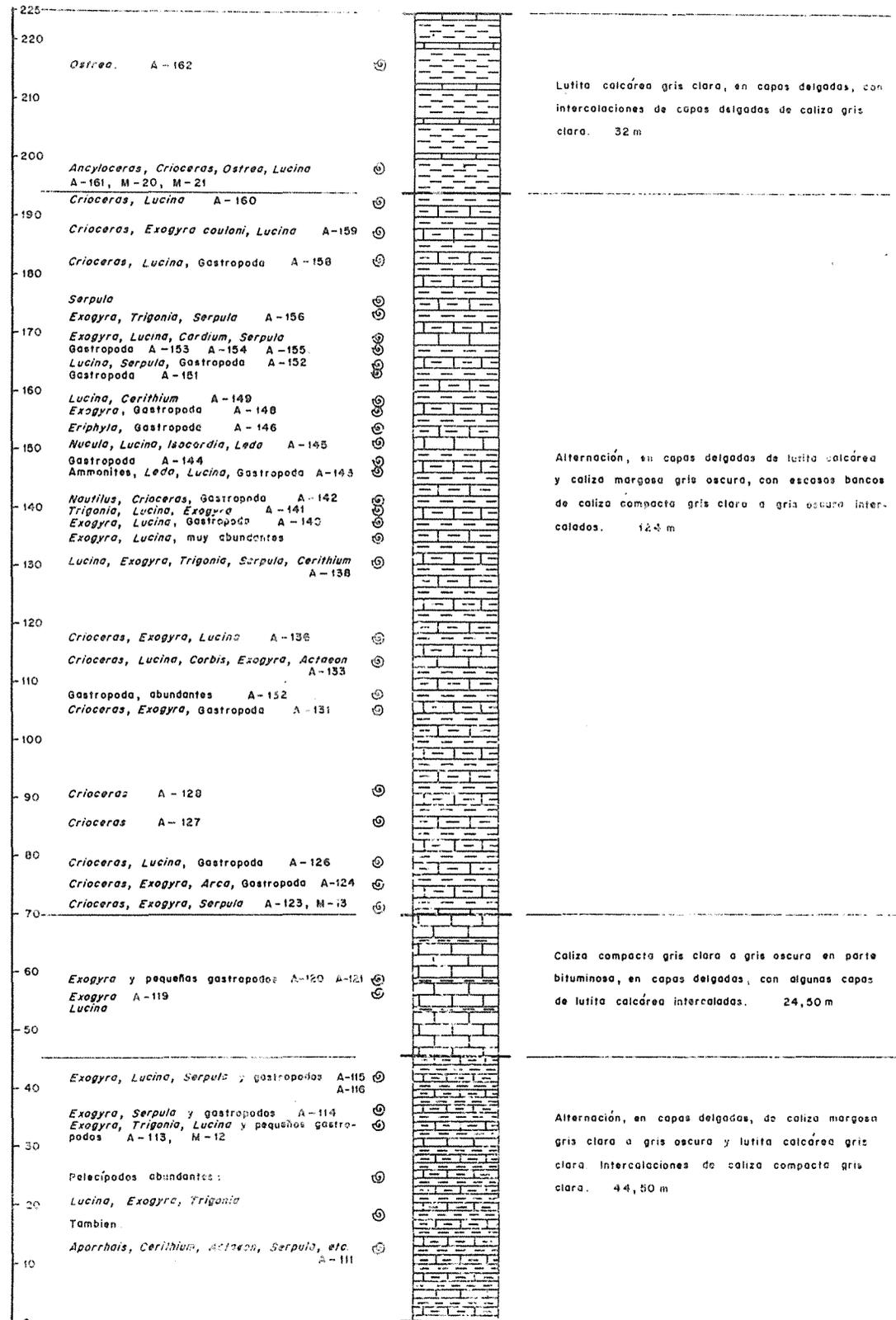
Lutita calcárea gris clara, en capas delgadas, con escasas intercalacio-

(\*) Lutitas calcáreas

Fig. 4.- SECCION COLUMNAR DE LA FORMACION TOTORALILLO  
Y PROCEDENCIA ESTRATIGRAFICA DE LA FAUNA

Perfil en Quebrada Meléndez

espesor en metros



nes de capas delgadas de caliza gris clara. Fósiles muy abundantes: *An-cyloceras*, *Crioceras*, *Ostrea*, *Lucina*, *Aporrhais* 32,00 m

Alternación, en capas delgadas, de lutita calcárea y caliza margosa, gris oscuras; escasas intercalaciones de caliza compacta gris oscura. Fósiles muy abundantes: *Crioceras*, *Exogyra*, *Lucina*, *Trigonia*, *Eriphyla Nucula*, *Leda*, *Corbis*, *Isocardia*, *Arca*, *Cerithium*, *Aporrhais*, etc. 124,00 m

Caliza compacta gris clara a gris oscura, en parte bituminosa, con algunas intercalaciones de lutita calcárea. Capas de estratificación fina. Fósiles abundantes pero muy fragmentarios: *Lucina*, *Exogyra*, *Aporrhais*. 24,50 m

Alternación, en capas delgadas, de lutita calcárea gris clara y caliza gris oscura. Fósiles abundantes: *Exogyra*, *Lucina*, *Trigonia*, *Serpula*, *Aporrhais*, *Cerithium*, *Actaeon*, etc. 44,50 m

Total 225,00 m

Base: Formación Nantoco

**Edad y Correlación.** En forma tentativa Biese (1942, p.445) asignó una edad barremiana a la formación Totoralillo; ésta fue posteriormente rectificada por Tavera (1956, p. 211) quien, considerando la presencia en esta unidad de *Crioceras andinum* Gerth y de *Crioceras diamantense* Gerth, le asignó adecuadamente una edad hauteriviana, especificando además que representaría el término del Hauteriviano. El presente estudio confirma la presencia de varias formas de *Crioceras*, incluyendo las arriba indicadas, prácticamente a través de toda la secuencia por encima de los 70 metros basales. La edad relativa que se puede precisar en consecuencia, es hauteriviana superior. Sin embargo, no es probable que el techo de la formación coincida con el término del Hauteriviano como sostiene Tavera (op. cit., p. 211), ya que la parte inferior de la sobreyacente formación Pabellón contiene formas de *Crioceras* muy cercanas a las que se encuentran en la formación Totoralillo y que también podrían asignarse al Hauteriviano superior.

En la estratigrafía del Neuquén, Argentina, Weaver

(1931, p. 57) indica que la parte inferior de la mitad superior de la formación Agrio, compuesta de lutitas, lutitas calcáreas y calizas, contiene numerosas especies de *Crioceras*, siendo las más comunes *Crioceras andinum* Gerth y *Crioceras diamantense* Gerth, que caracterizan el Hauteriviano superior. Estas formas se presentan tanto en la formación Totoralillo como en la parte media y superior de la infrayacente formación Nantoco, de manera que ambas serían cronológicamente correlacionables con esa parte de la formación Agrio (fig. 7).

### Formación Pabellón

**Definición, Límites y Distribución.** La parte superior de la secuencia neocomiana marina expuesta al sur de Copiapó, fue denominada originalmente Calizas de Pabellón (Biese, 1942, p.444) y posteriormente individualizada con el rango de formación (Biese, in Hoffstetter *et al.*, 1957, p. 252). Biese (op. cit.) la caracterizó como constituida principalmente por calizas que se sobreponen concordantemente a la formación Totoralillo, típicamente expuestas al norte y sur del pueblo de Pabellón, ubicado aproximadamente a 9 km al sur de la desembocadura de la Quebrada Cerrillos en el valle del río Copiapó. Sin embargo, el perfil en base al cual el autor citado describió la unidad, se encuentra al este de Punta del Cobre y corresponde al área de afloramientos comprendida entre Quebrada Meléndez y Quebrada Cerrillos estudiada en el presente trabajo; allí se han evidenciado cambios importantes en el desarrollo litológico y espesor de la formación. En este sector se estudiaron dos secciones, una en Quebrada Meléndez y otra en Quebrada Cerrillos, en base a las cuales se complementa en este trabajo la definición de la unidad.

La formación Pabellón, constituida por calizas, pedernal y varias intercalaciones de sedimentos clásticos, se dispone concordantemente sobre la formación Totoralillo. Su límite inferior corresponde al contacto entre capas de pedernal gris oscuro a negro que aparecen en la base de la unidad y las lutitas calcáreas de la formación Totoralillo. Su límite superior corresponde a un contacto pseudoconcordante con rocas sedimentarias clásticas continentales de color predominantemente rojizo, que se sobreponen. A pesar de que la disposición estructural de estas últimas, es prácticamente la misma que la de la formación Pabellón, la pseudoconcordancia se infiere debido a que hay una variación de espesor importante de la formación Pabellón desde la Quebrada Cerrillos en el sur (708 m) hasta la Quebrada Meléndez en el norte (433 m), o sea, en un tramo de aproximadamente 10 km. Esto podría sugerir la existencia de una discordancia de

erosión en el contacto entre ambas unidades que trunca la formación Pabellón hacia el norte. Las rocas clásticas continentales sobrepuestas, integran el miembro Checo de Cobre de la formación Cerrillos definida por Segerstrom y Parker (1959, p. 10). Estudios realizados posteriormente han demostrado que la formación Pabellón desaparece a unos 14 km al norte de Quebrada Meléndez y que hacia el sur se engruesa progresivamente hasta alcanzar un espesor de 2.000 m en el área de Sierra Lechuza, ubicada a unos 35 km al sur de Quebrada Cerrillos (Segerstrom, 1968, p. 17). Además, se han encontrado clastos con fósiles de la formación Pabellón en los sedimentos clásticos de la formación Cerrillos (Segerstrom, op. cit., p.23), lo que confirma la existencia de una discordancia de erosión entre ambas unidades.

**Litología y Espesor.** Debido al desarrollo litológico diferente que presenta la formación Pabellón en sus distintas áreas de afloramiento y a la variación importante de su espesor, se estudiaron en detalle dos secciones que tipifican la unidad en el sector comprendido entre las Quebradas Meléndez y Cerrillos.

La sección completa de la formación en Quebrada Meléndez, con base y techo definidos, está constituida principalmente por calizas, en parte arcillosas y arenosas, en su mitad inferior; los 40 metros inferiores se caracterizan por la presencia de capas de pedernal gris oscuro a negro. La mitad superior, en cambio, es predominantemente clástica, constituida por areniscas, conglomerados y brechas, de color predominantemente gris verdoso, que contienen intercalaciones de caliza gris clara a gris verdosa clara y pedernal. Los sedimentos clásticos constituyen aproximadamente el 65% de la mitad superior de la formación y se caracterizan por contener clastos principalmente de rocas ígneas queratófíricas. La secuencia estratigráfica y distribución general de la fauna es la siguiente (fig. 5):

**Techo:** Rocas sedimentarias clásticas continentales. Discordancia de erosión.

Caliza compacta gris clara, con *Pecten*, *Ptychomya*, *Ostrea*, *Astarte*, *Natica*, *Serpula*. Incluye un filón manto de lampróforo porfírico de 3 m de espesor. 16,00 m

Arenisca fina a media, gris verde clara; color de meteorización pardo rojizo. Granos subredondeados de augita, hiperstena, magnetita, oii-

goclasa y de rocas porfíricas hialofíticas. *Cerithium*, *Turritella*, *Trigonia*, *Ostrea*, *Pecten*. 98,00 m

Caliza compacta gris clara, con *Trigonia*, *Isocardia*, *Cardium*, *Lima*, *Serpula*, *Aporrhais* y *Echinoidea*. 5,00 m

Pedernal gris claro a gris oscuro, con vetillas de calcita. Incluye una capa de caliza de 0,50 m, con: *Aporrhais*, *Lucina*, *Exogyra*, *Enallaster*. 14,00 m

Caliza compacta gris clara a gris verdosa clara, con intercalaciones de caliza arenosa. Abundantes fósiles: *Ostrea*, *Exogyra*, *Trigonia*, *Pecten*, *Isocardia*, *Cucullaea*, *Tylostoma*, *Aporrhais*, *Nautilus*. 27,00 m

Brecha gris verdosa, con fragmentos de queratófiro de hasta 3 cm; matriz arenosa-arcillosa. 12,00 m

Conglomerado fino gris verdoso; matriz arcillosa con abundante clorita; los fragmentos mayores son hasta de 8 mm de diámetro y consisten en queratófiro porfíricos y granófiro con albita y cuarzo. 40,00 m

Alternación de caliza compacta gris clara y caliza arcillosa gris verdosa clara. Fósiles en la parte superior e inferior de la unidad: *Isocardia*, *Lucina*, *Pecten*, *Ostrea*, *Exogyra*, *Perina*, *Trigonia*, *Echinoidea*. 54,00 m

Arenisca calcárea de grano fino, gris clara. 5,00 m

Caliza compacta gris clara a gris oscura, en parte arenosa, con escasas intercalaciones delgadas de lutita calcárea. *Crioceras*, *Exogyra*, *Ostrea*, *Arca*, *Lucina*, *Trigonia*, *Pecten*, *Cardium*, *Panopaea*, *Gervillia*, *Terebratula*. 122,00 m

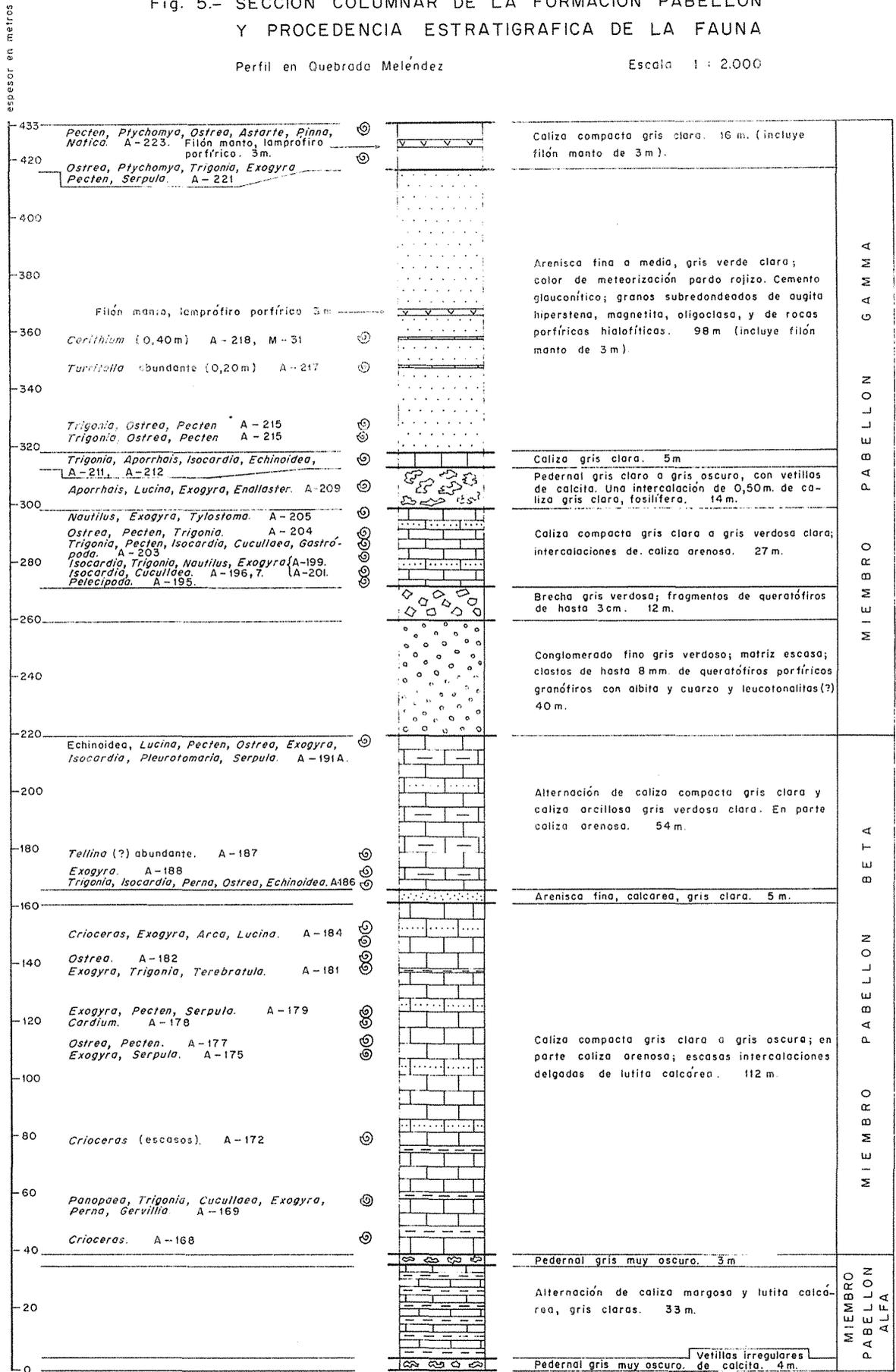
Pedernal gris muy oscuro. 3,00 m

Alternación de caliza margosa y lutita calcárea gris media a gris oscura. 33,00 m

Fig. 5.- SECCION COLUMNAR DE LA FORMACION PABELLON  
Y PROCEDENCIA ESTRATIGRAFICA DE LA FAUNA

Perfil en Quebrada Meléndez

Escala 1 : 2.000



Pedernal gris muy oscuro a negro,  
con vetillas irregulares de calcita. 4,00 m  
Espesor Total: 433,00 m

Base: Formación Totoralillo.

En Quebrada Cerrillos la secuencia completa de la formación Pabellón es de 708 m de espesor y está integrada por una mayor proporción de calizas que de sedimentos clásticos. Los 260 m inferiores están constituidos por calizas de estratificación media a gruesa, en la base de las cuales se presenta la unidad de pedernal gris oscuro a negro, al igual que en la sección de Quebrada Meléndez. Sobre esta sección aparecen los sedimentos clásticos, en forma de areniscas, areniscas brechosas y conglomerádicas, que constituyen intercalaciones en las calizas, en espesores variables entre 5 y 40 m. En esta parte de la formación, de 440 m de espesor (fig.6), la proporción de sedimentos clásticos alcanza solamente a 30<sup>0</sup>/o, o sea, disminuye en poco más de la mitad con respecto a la que constituye la mitad superior de la sección expuesta en Quebrada Meléndez, evidenciando un importante cambio de facies. Al igual que en esta última localidad, los sedimentos clásticos contienen principalmente fragmentos derivados de rocas ígneas queratófricas y también de pedernal.

En Quebrada Cerrillos, la secuencia estratigráfica y faunística de la formación Pabellón es la siguiente:

Techo: Rocas sedimentarias clásticas continentales.  
Pseudoconcordancia.

Caliza gris clara a gris verdosa clara, de estratificación media a gruesa, con abundantes *Agria* y *Cucullaea*, *Exogyra*, *Modiola*, *Pecten Ptychomya*, etc. 23,00 m

Conglomerado, arenisca y caliza, aproximadamente en la misma proporción, con abundantes *Agria* y *Bryozoa*. 20,00 m

Caliza compacta gris clara a gris oscura, de estratificación gruesa. *Bryozoa*, *Brachiopoda*, *Echinoidea*, *Hexacorales*, *Ostrea*, *Pecten*. 19,00 m

Arenisca media a muy gruesa, verde clara. 6,00 m

Caliza compacta de estratificación

gruesa. *Echinoidea*, *Ostrea*, *Trigonia*, *Gervillia*. 58,00 m

Arenisca muy fina gris clara. 6,00 m

Caliza compacta gris clara, de estratificación gruesa a muy gruesa. *Echinoidea*, *Espongiarios*, *Bryozoa*, *Hexacorales*, *Exogyra*, *Pecten*. 33,00 m

Arenisca media a gruesa, gris verdosa clara. 8,00 m

Caliza compacta gris clara a gris oscura, de estratificación gruesa. *Ostrea*, *Exogyra*, *Cardium*, *Pecten*, *Serpula*. 28,00 m

Arenisca muy fina, gris verdosa clara, de estratificación gruesa. *Pecten*. 14,00 m

Caliza arenosa gris verdosa clara. *Exogyra*. 27,00 m

Arenisca fina a gruesa y arenisca brechosa con clastos calcáreos y de rocas porfíricas. *Pecten*, *Ostrea*, *Exogyra*. 32,00 m

Caliza compacta gris clara a gris oscura, en parte arenosa, de estratificación gruesa, color de meteorización pardo rojizo. *Exogyra*, *Cucullaea*, *Arca*, *Pecten*, *Cidaris*. 99,00 m

Arenisca media, gris verdosa clara. *Trigonia*, *Cucullaea*, *Modiola*, *Exogyra*, *Ostrea*, *Pecten*. 10,00 m

Arenisca brechosa de queratófiro, gris verdosa clara, con clastos de queratófiro y pedernal de hasta 5 cm de diámetro. Incluye 6 m de pedernal brechoso, rojizo. 60,00 m

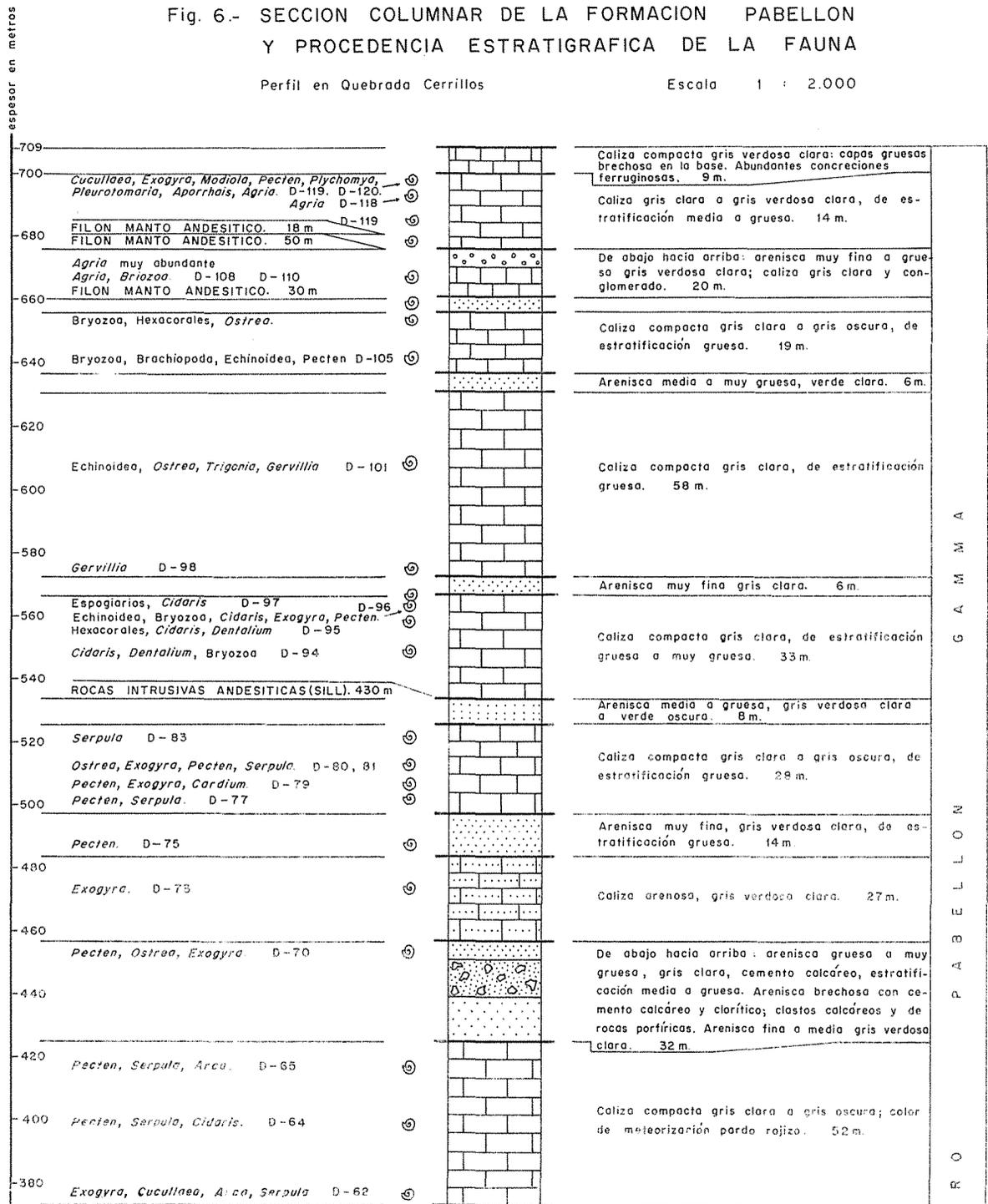
Caliza compacta gris clara, de estratificación media a gruesa; superficie meteorizada color pardo rojizo. Muy escasas intercalaciones de caliza arenosa y lutita calcárea gris media. *Pinna*, *Pecten*, *Bryozoa*. 207,00 m

Pedernal calcáreo, gris muy oscuro a negro, de estratificación gruesa. 9,00 m

Fig. 6.- SECCION COLUMNAR DE LA FORMACION PABELLON Y PROCEDENCIA ESTRATIGRAFICA DE LA FAUNA

Perfil en Quebrada Cerrillos

Escala 1 : 2.000



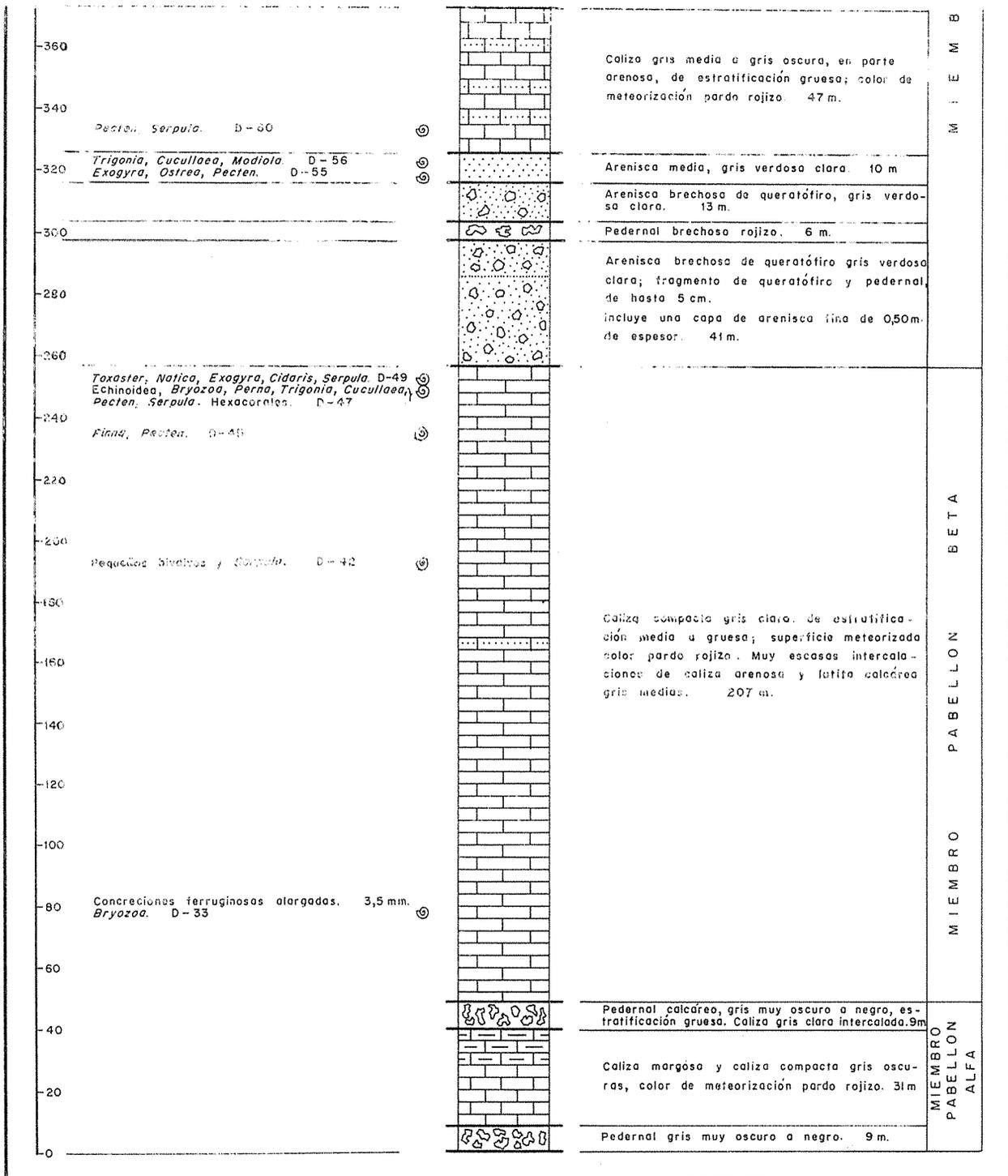


Fig. 7. Correlación de las formaciones del Cretácico Inferior de Copiapó (Chile) y del Neuquén (Argentina)

Secuencia en Copiapó	Fauna	Secuencia en Neuquén (Weaver, 1931)	Zonas Faunísticas	Edad
Formación Pabellón	<i>Agria blumenbachi</i> Abundantes hexacorales, Echinodermos, etc.	Formación Agrio	<i>Columnastrea antigua</i> Gerth	Barremiano a Aptiano ?
	<i>Crioceras</i>		<i>Clypeopygus robinaldinus</i> d'Orb.	
Formación Totalillo	<i>Crioceras andinum</i> Gerth, <i>Crioceras diamantense</i> Gerth		<i>Crioceras andinum</i> Gerth	Hauteriviano Superior
Formación Nantoco	<i>Crioceras andinum</i> Gerth  Sin ammonites	<i>Holcoptychites neuquensis</i> (Douv.)	Hauteriviano Inferior	
Formación Abundancia	<i>Olcostephanus</i> <i>Acanthodiscus</i> <i>Neocomites</i>	Formación Mulichinco	<i>Astieria laticostata</i> Gerth	Valanginiano Superior

Caliza margosa y caliza compacta gris oscura; color de meteorización pardo rojizo.	31,00 m
Pedernal gris muy oscuro a negro.	9,00 m
Espesor total:	699,00 m

Base: Formación Totoralillo.

En el área al sur de Punta del Cobre, Biese (1942, p. 441) subdividió la formación Pabellón en tres miembros denominados, de abajo hacia arriba, Pabellón Alfa, Beta y Gama, los cuales tienen validez regional. Pabellón  $\alpha$  corresponde a la secuencia inferior, de 40 a 50 m de espesor, constituida por capas de pedernal negro y calizas gris oscuras. Pabellón  $\beta$  consiste principalmente en caliza gris clara a gris oscura de hasta 210 metros de espesor en el área de Quebrada Cerrillos; hacia el norte, en Quebrada Meléndez, su espesor es de 180 m y contiene mayor proporción de material clástico. Pabellón  $\gamma$  corresponde a la parte superior de la formación y es la que presenta mayor variación en su espesor y litofacies dentro del área estudiada. Debido a que estas variaciones, especialmente de facies, no fueron observadas por Biese, es necesario complementar la definición de este miembro en base a las secciones estudiadas en las quebradas Cerrillos y Meléndez. En ambas localidades la base de Pabellón  $\gamma$  se ubica en el contacto entre conglomerados, brechas y/o areniscas brechosas gris verdosas con abundante material queratofírico que, con espesores de más de 40 m, se sobreponen a las calizas de Pabellón  $\beta$ . Hacia arriba, este miembro está constituido por calizas con intercalaciones de rocas sedimentarias clásticas. En Quebrada Cerrillos, la proporción de material clástico es de aproximadamente 30<sup>o</sup>/o; en cambio hacia el norte, en Quebrada Meléndez, es de más de 60<sup>o</sup>/o. En ambas localidades las calizas y/o areniscas superiores de Pabellón  $\gamma$ , muy fosilíferas especialmente en Quebrada Cerrillos donde contienen abundantes Rudistas, infrayacen con pseudoconcordancia, probablemente con discordancia de erosión, a la secuencia clástica continental definida posteriormente como el miembro Checo de Cobre de la formación Cerrillos (Segerstrom y Parker, 1959).

**Edad y Correlación.** La fauna proveniente de esta formación contrasta notablemente con la de la formación Totoralillo, por la escasez de cefalópodos. Sólo se encuentra *Nautilus perstriatus* Steuer y algunos *Crioceras* en los miembros inferior y medio (Pabellón  $\alpha$  y  $\beta$ ). El miembro superior contiene una abundante fauna de pelecípodos, gastrópodos, equinodermos,

poríferos, hexacorales, **bryozoos** y rudistas. La mayoría de las formas representadas han sido descritas de distintos niveles del Neocomiano y aún del Aptiano y Albiano. En ausencia de ammonites en esta sección, es imposible precisar la edad relativa mínima de la formación Pabellón. Sin embargo, la presencia de *Agria blumenbachi* Studer en los estratos superiores, podría documentar una edad barremiana superior para el techo de la formación, ya que ésta es la edad relativa que estos rudistas tendrían en Europa (Fritzche, 1923 p. 321). Considerando luego que la infrayacente, formación Totoralillo es de edad hauteriviana superior, comprobada por formas de ammonites del género *Crioceras*, es posible sugerir que la formación Pabellón represente prácticamente todo el Barremiano. Tavera (1956, p. 213) basándose especialmente en la presencia de formas de corales como *Astrocoenia hexamera* en la parte superior de la formación Pabellón y en la similitud de las facies coralígena allí representada con la del Cretácico Inferior del Neuquén Central, le asigna también una edad barremiana, concluyendo que la parte alta de la unidad podría corresponder al Aptiano inferior o al límite Barremiano-Aptiano.

Tanto por su biofacies como por su probable edad, la formación Pabellón sería el equivalente cronostratigráfico de la parte alta de la formación Agrio en el Neuquén, Argentina (fig.7), según el esquema de Weaver, (1931, p. 56).

## CONCLUSIONES

Los sedimentos marinos expuestos en la región al sur de Copiapó, en el sector comprendido entre Quebrada Meléndez y Quebrada Cerrillos, corresponden, tanto por su litofacies como por su biofacies, a una asociación de plataforma de poca profundidad. La secuencia total, con un espesor variable entre 1.700 y 2.000 m, está integrada por aproximadamente un 24<sup>o</sup>/o a 32<sup>o</sup>/o de material clástico y un 76<sup>o</sup>/o a 68<sup>o</sup>/o de rocas carbonatadas. Estas variaciones de la razón clástica de los sedimentos expresan las variaciones de las facies sedimentarias en el sector estudiado, las que se evidencian principalmente en la parte superior de la secuencia.

Las unidades distinguidas originalmente por Biese (1942) tienen validez regional como formaciones, en el sentido en que el presente trabajo las complementa. Se reconoce en consecuencia el siguiente esquema estratigráfico y cronológico (fig. 8):

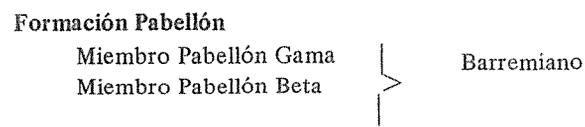
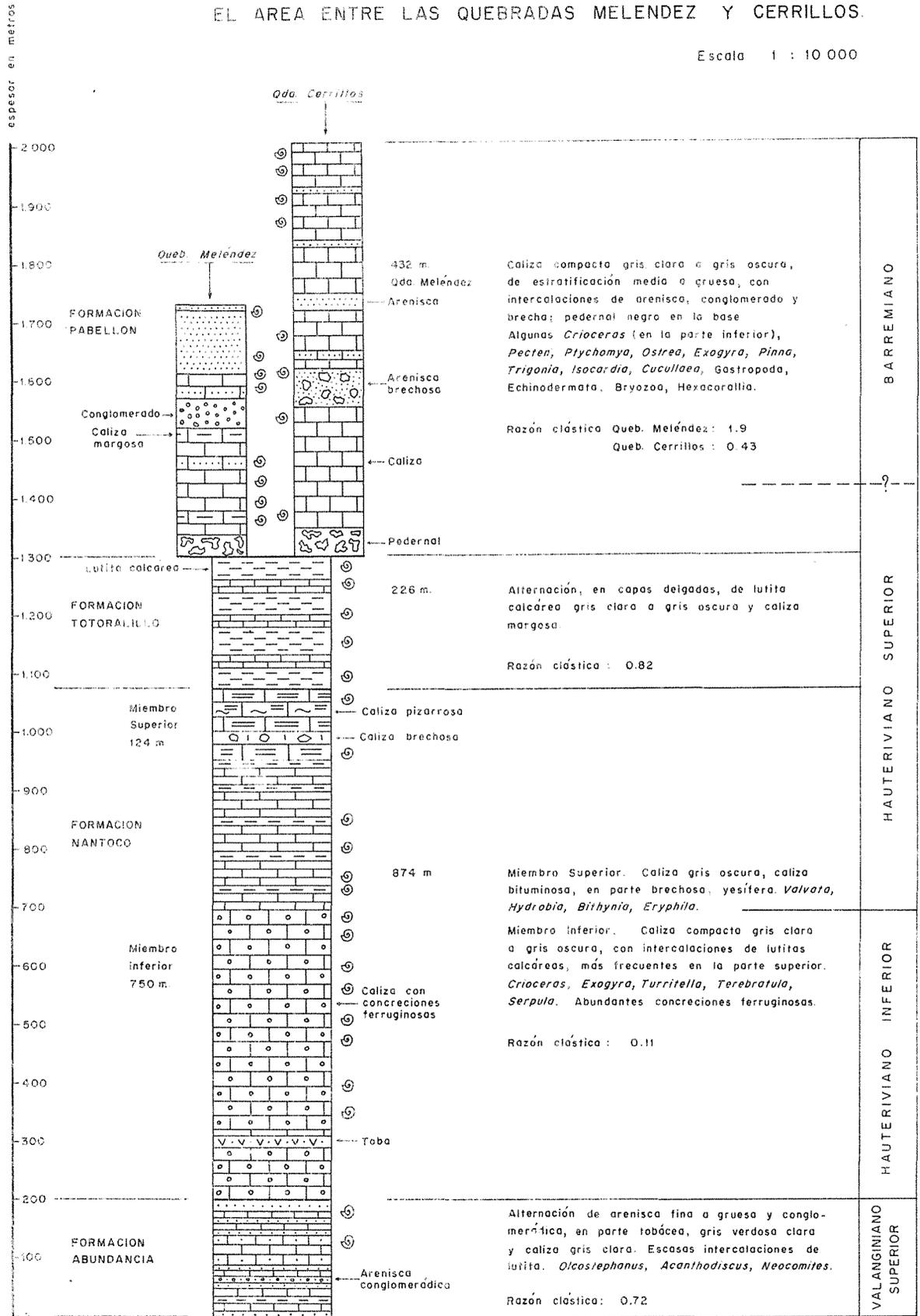
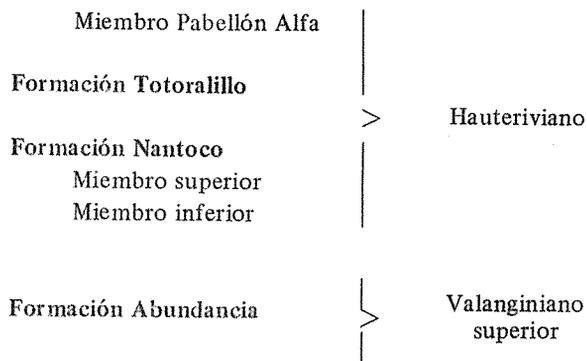


Fig. 8.- SECUENCIA DE FORMACIONES DEL NEOCOMIANO MARINO EN EL AREA ENTRE LAS QUEBRADAS MELENDEZ Y CERRILLOS.

Escala 1 : 10 000





La sección que incluye las formaciones Abundancia, Nantoco y Totoralillo, no presenta variaciones laterales importantes de espesor ni de facies. En su distribución areal mantiene aproximadamente la misma razón clástica (\*). La formación Pabellón, en cambio, es la que experimenta un notable aumento de material clástico desde el sur (Quebrada Cerrillos) hacia el norte (Quebrada Meléndez).

Existen en la secuencia variaciones verticales importantes de la litofacies, que se expresan en una diferente razón clástica en las distintas formaciones y en la granulometría de los materiales clásticos que intervienen. Así, la formación Abundancia, está constituida por un 42% de sedimentos clásticos y un 58% de calizas (razón clástica 0,72).

En ella los materiales clásticos están representados principalmente por areniscas finas a gruesas y conglomerádicas, en parte tobáceas. En la formación Nantoco, los materiales clásticos alcanzan a un 10% (razón clástica 0,11) y corresponden a areniscas de grano fino y lutitas calcáreas. La formación Totoralillo tiene aproximadamente un 45% de materiales clásticos (razón clástica 0,82) representados por lutitas calcáreas, o sea, sedimentos de granulometría inferior a 0,06 mm.

En la formación Pabellón, que es la que presenta las variaciones laterales de facies más importantes, el contenido de material clástico varía entre 30% (razón clástica 0,43) en Quebrada Cerrillos y 65% (razón clástica 1,9) en Quebrada Meléndez.

En ambas secciones los sedimentos clásticos son principalmente de granulometría gruesa (conglomerados y brechas) a media (areniscas).

Tanto la razón clástica como la granulometría de los sedimentos terrígenos que constituyen las diferentes unidades de la secuencia marina y el contenido faunístico, sugieren una acumulación en un ambiente sublitoral, con variaciones de la línea de costa. Probablemente la formación Abundancia, con una razón clástica de 0,72 y con areniscas y areniscas conglomerádicas, se acumuló en la zona infralitoral externa. Condiciones de acumulación en un ambiente algo más profundo, que podría corresponder a la zona infralitoral más interna o aún a la zona circalitoral, estarían evidenciadas por una notable mayor proporción de rocas carbonatadas en la formación Nantoco, que tiene una razón clástica de 0,11, la cual corresponde a sedimentos de granulometría fina. La formación Totoralillo y los miembros inferior y medio de la formación Pabellón, podrían corresponder a una deposición en la zona circalitoral, con mayor aporte de material pelítico durante la acumulación de la primera de estas unidades. Sin embargo, a partir de la base del miembro superior de la formación Pabellón, la acumulación sedimentaria se desarrolló en un ambiente de menor profundidad y más costanero, probablemente correspondiente a la zona infralitoral más externa. Esto se sugiere en base al hecho de que la mayor parte del material clástico de la formación (razones de hasta 1,9) se encuentra en este miembro y que él corresponde a sedimentos de granulometría de la fracción arenisca y conglomerado fino. Además, las calizas que se encuentran intercaladas, son en gran parte bioclásticas y coquinoideas.

El menor espesor de la secuencia neocomiana expuesta en Quebrada Meléndez que está esencialmente determinado por el menor espesor de la formación Pabellón, no correspondería a una condición original, sino que al truncamiento de la unidad por erosión de los niveles superiores. Esto llevó a sugerir la existencia de un contacto discordante entre los sedimentos marinos del Neocomiano y la sobrepuesta secuencia de rocas sedimentarias clásticas continentales, que posteriormente Segerstrom y Parker (1959) incluyeron en la formación Cerrillos.

REFERENCIAS

Biese-Nickel, Walter A., 1942, La distribución del Cretáceo Inferior al sur de Copiapó. An. Primer Cong. Panam. Ing. Min. Geol., t. II, p. 429 - 466.

(\*) Razón clástica =  $\frac{\% \text{ sedimentos clásticos}}{\% \text{ rocas de precipitación química}}$

- Fritzche, C.H.**, 1923, Neue Kreidefaunen aus Südamerika (Chile, Bolivia, Perú, Colombia). N. Jb. Min. Geol. Paläont. Beil. Bd. I, p. 1-56, 313 - 334, taf. I - IV.
- Hoffstetter, R., Fuenzalida, H. y Cecioni, G.**, 1957, Lexique Stratigraphique International, Amerique Latine, v. 5, fasc. 7, Chile, 444 p.
- Ihering, H.**, 1903, Notes sur quelques mollusques fossiles du Chile. Rev. Chilena de Hist. Nat., t. VII (1902) p. 120 - 127, láms. VIII - X.
- Leanza, A.F.**, 1945, Ammonites del Jurásico Superior y del Cretáceo Inferior de la Sierra Azul, en la parte meridional de la provincia de Mendoza. Anales Museo de La Plata, Nueva Serie, Paleont., n<sup>o</sup> 1, 99 p., 23 láms.
- Paulcke, W.**, 1903, Über die Kreideformation in Südamerika und ihre Beziehungen zu anderen Gebieten. N.Jb. Min. Geol. Paläont., Beil. Bd. 17, p. 252 - 312, taf. XV - XVII.
- Segerstrom, K.**, 1960, Cuadrángulo Quebrada Paipote, Provincia de Atacama. Santiago, Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile, v.II, n<sup>o</sup> 1, 35 p.
- Segerstrom, K.**, 1963, Engranaje de sedimentos calcáreos con rocas volcánicas y clásticas en el Neocomiano del Geosinclinal Andino. Soc. Geol. Chile, Symposium Geos. And., 1962, n<sup>o</sup> 1, 6 p., 5 figs.
- Segerstrom, K.**, 1968, Geología de las Hojas Copiapó y Ojos del Salado, Provincia de Atacama. Santiago, Inst. Invest. Geol., Bol. 24, 58 p., 3 figs.
- Segerstrom, K. y Moraga, A.**, 1964, Cuadrángulo Chañarillo, Provincia de Atacama. Santiago, Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile, Carta n<sup>o</sup> 13, 50 p.
- Segerstrom, K., y Parker, R.L.**, 1959, Cuadrángulo Cerrillos, Provincia de Atacama. Santiago, Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile, v. I, n<sup>o</sup> 2, 33 p.
- Segerstrom, K. y Ruiz, C.**, 1962, Cuadrángulo Copiapó, Provincia de Atacama. Santiago, Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile, v. III, n<sup>o</sup> 1, 115 p.
- Segerstrom, K., Thomas, H. y Tiling, R.I.**, 1963, Cuadrángulo Pintadas, Provincia de Atacama. Santiago, Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile, Carta n<sup>o</sup> 12, 53 p.
- Tavera, J.**, 1956, Fauna del Cretáceo Inferior de Copiapó. Santiago, Inst. Geol. Univ. Chile, Publ. n<sup>o</sup> 9, p. 205 - 216.
- Weaver, Ch.E.**, 1931, Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. Mem. Univ. Washington, v. 1, 594 p., 62 pls.
- Whitehead, W.L.**, 1919, The veins of Chañarillo, Chile. Economic Geology, v. XIV, p. 1 - 45.