



ESTRATIGRAFIA DEL CENOZOICO SUPERIOR EN EL AREA DE CALDERA (26°45'-28°S), III REGION DE ATACAMA, CHILE

Marquardt, C.¹, Blanco, N.¹, Godoy, E.¹, Lavenu, A.², Ortlieb, L.², Marchant, M.³, Guzmán N.⁴

INTRODUCCION

Los depósitos marino-litorales de edad neógena y cuaternaria expuestos a lo largo de la costa norte de Chile cuentan con reducidos estudios destinados a correlacionar, actualizar y reinterpretar la información disponible. La falta de trabajos paleontológicos, geocronológicos y sedimentológicos precisos ha dificultado la estimación de sus rangos de edad y la interpretación de sus ambientes depositacionales.

En Caldera, los primeros trabajos publicados (1, 2, 3) reportaron la presencia de sedimentos tanto de origen marino, en parte expresados morfológicamente como terrazas, como continentales, asignados al Plioceno y Cuaternario. Al no constatar evidencias de actividad tectónica cuaternaria, dichos estudios consideraron que la formación de estas terrazas marinas estaba asociada a cambios glacioeustáticos y no a movimientos verticales del continente. El reconocimiento de anomalías de uranio y fosfato impulsó nuevos trabajos en el área, obteniéndose como resultado una primera definición de la Formación Bahía Inglesa (FBI), asignada al Mioceno (4). Trabajos más recientes (5, 6), han permitido estudiar una gran diversidad de depósitos continentales y marino-litorales del Cenozoico Superior.

En este trabajo se revisa la estratigrafía de las secuencias marino-litorales cenozoicas y cuaternarias expuestas en el área de Caldera (Fig. 1) y se discute su significado paleoambiental. La fauna fósil contenida en los depósitos marino-litorales ha sido objeto de recientes trabajos paleontológicos destinados a obtener nuevos antecedentes cronoestratigráficos, destacando el estudio de diatomeas (Barron *In* 7), moluscos (8) y foraminíferos (9).

Las unidades morfológicas del área de estudio están formadas por la "franja costera" (FC) y la parte occidental de la Cordillera de la Costa (CC). La FC alcanza excepcionalmente un ancho de hasta 15 km y la CC presenta una serie de valles transversales y depresiones locales que controlan su morfología. A diferencias de las partes norte y sur del área de estudio, donde se desarrolla el Gran Escarpe Costero, el límite entre estas dos unidades morfoestructurales está marcado por una suave superficie irregular.

Parte de la FC como de la CC están constituidas por rocas metamórficas del Paleozoico Superior y rocas plutónicas mesozoicas (5, 6), las que, en conjunto, forman el substrato donde se depositan los sedimentos continentales, litorales y marinos del Cenozoico Superior.

EL NEOGENO

En la FC entre Caleta Obispito (26°45'S) y Quebrada Agua de los Burros (~28°S) afloran depósitos continentales y marino-litorales de edad neógena (Fig. 1). Los depósitos continentales (Gravas del Copiapó, 5), engranan lateralmente con los depósitos marino-litorales y están formados por gravas clastosoportadas, con variados grados de redondeamiento, que ocasionalmente presentan niveles intercalados de arenas y limos (5). Los depósitos marinos están formados por una variedad mayor de sedimentos, destacando brechas, conglomerados, coquinas, areniscas y fangolitas, que se han agrupado en dos unidades: la Formación Bahía Inglesa y los Estratos de Quebrada Amarga (6). La primera, formada por depósitos marino-litorales bien estratificados, presenta facies de plataforma marina y constituye el substrato de gran parte de los depósitos litorales cuaternarios. Por el contrario, los segundos afloran en una serie de terrazas constituidas por depósitos litorales muy erosionados, ubicados por sobre los 200 m y hasta los 350 m de altitud.

¹ SERNAGEOMIN. Av. Santa María 0104, Provincia, Santiago, Chile (cmarquar@sernageomin.cl)

² IRD-Chile, casilla 53 390, correo central, Santiago 1, Chile

³ Departamento de Zoología, Universidad de Concepción, Concepción, Chile (mmarchan@udec.cl)

⁴ Facultad de Recursos del Mar, Universidad de Antofagasta. Chile.

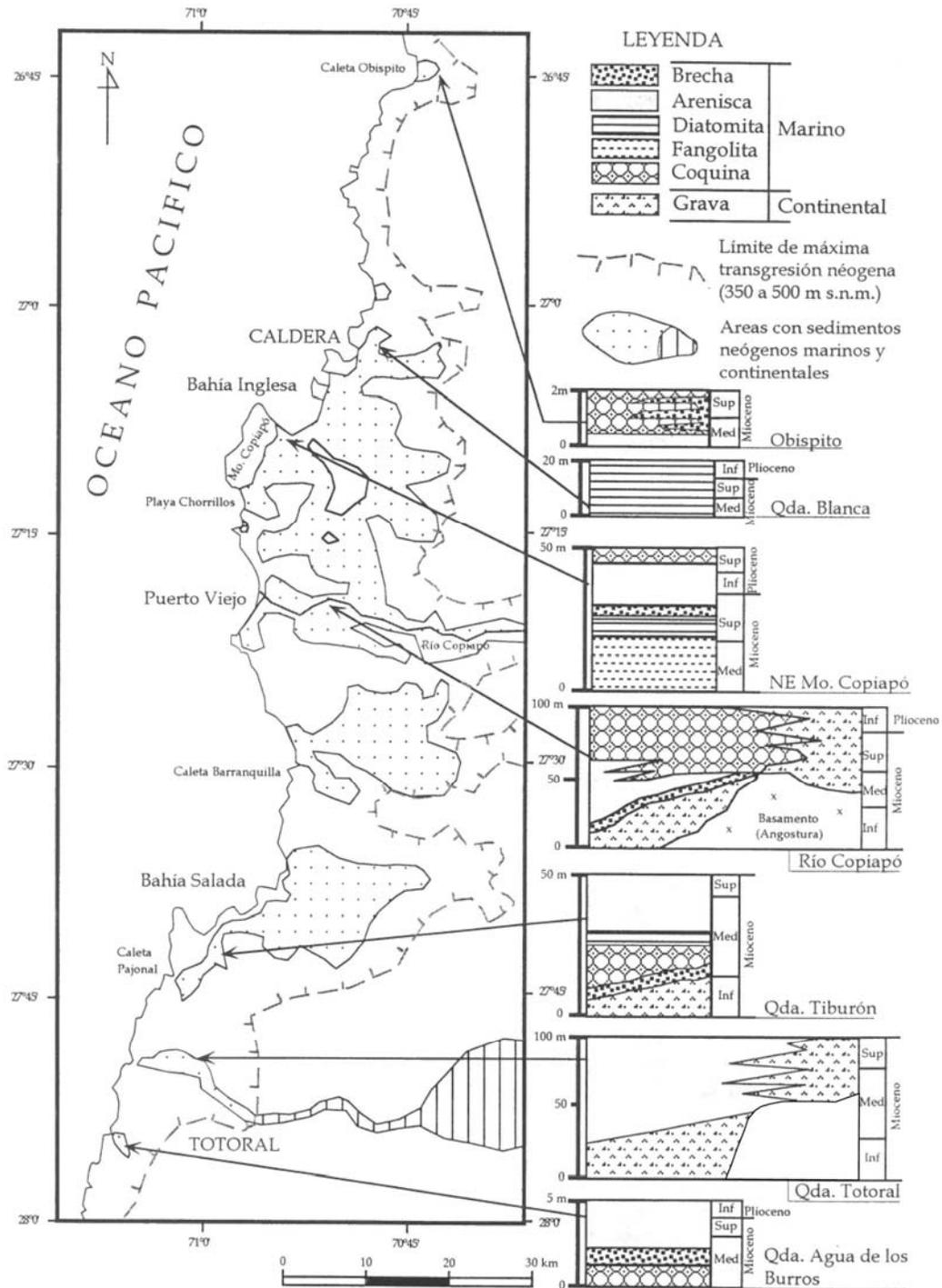


Fig. 1. Secciones geológicas de unidades marinas del Neógeno y Cuaternario, con sus relaciones estratigráficas de contacto, expuestas en la zona de estudio.

Formación Bahía Inglesa (FBI)

La FBI sobreyace discordantemente a las Gravas de Angostura, del Mioceno Inferior a Oligoceno Superior (6), y está cubierta en discordancia de erosión por depósitos litorales cuaternarios agrupados como los Estratos de Caldera (EC). Lateralmente engrana con conglomerados fluviales del río Copiapó, estos últimos agrupados como Gravas del Copiapó (GC) (5).

Está formada por conglomerados, brechas, coquinas, areniscas y fangolitas, estas últimas con intercalaciones de diatomitas, fosforitas y cineritas retrabajadas. En menor proporción, afloran conglomerados y brechas. Las facies coquináceas se componen de bioclastos de *Ostrea spp.*, *Chlamys spp.* y *Balanus spp.*, y se intercalan con bancos de arena y guijarros. Las areniscas predominan y varían en tamaño de finas a gruesas, localmente presentan estratificación fina, plana a cruzada en artesa. Las fangolitas son laminadas, de color amarillo-grisáceas, en parte yesíferas y cineríticas. Los conglomerados, como los reconocidos en la base de la secuencia en el sector de Playa Chorillos, sector donde la formación alcanza 80 m de potencia, son del tipo paraconglomerado con clastos monomícticos a polimícticos, redondeados y esféricos, de diámetros inferiores a 1 m e inmersos en una matriz de arena gris en parte bioclástica. Se les considera ligados a un paleoambiente de aguas someras de alta energía. Las brechas son polimícticas, clasto- a matriz-soportada, con bloques de dimensiones métricas. Incluyen brechas sintectónicas en el sector del Morro Copiapó, flujos de detritos en las paleoquebradas de Caleta Obispito y quebrada Agua de los Burros, y brechas de diatomitas asociadas con zonas de fracturas interestratales (10), en quebrada Blanca.

La presencia de fosfato se manifiesta a través de nódulos, placeres y fosfatización producto de procesos diagenéticos en arenas, limos y arcillas. La presencia de vértebras y escamas de peces, restos óseos de aves (tipo pingüino), mamíferos tipo cetáceos, y lobo marino, además de dientes de seláqueos (como manta rayas y conodón), dan cuenta de una variada y rica fauna en esta formación la que, en su conjunto, no ha sido estudiada en detalle (Moreno, K., com. oral).

Edades K/Ar en biotita de $7,6\pm 1,3$ Ma y $6,4\pm 1,1$ Ma se obtuvieron en niveles de cinerita intercalados en la FBI y en gravas que engranan con ésta, respectivamente (5). La presencia de *Globigerina bulloides* d'Orbigny en niveles que subyacen a una asociación con *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg), permite, a su vez, asignar la base de la secuencia a la Zona N9 (16 Ma), Mioceno Medio, y su parte central a la Zona N16 (10 a 7 Ma), Mioceno Superior. Por otra parte, la presencia de *Globigerinella calida* (Parker) y *Globorotalia crassaformis* (Galloway y Wissler), hacia el techo de la secuencia, permite asignar el techo de esta unidad a la Zona N19 (4,8 Ma), Plioceno Inferior (9). Sobre la base de estos resultados y a relaciones de contacto (Fig. 2), se asigna a esta formación un rango de edad entre el Mioceno Medio y el Plioceno Inferior.

El sistema oceanográfico presente en esta cuenca durante el Mioceno Medio al Plioceno Inferior estuvo dominado por aguas subpolares, similares a las actuales, aunque se reconocen eventos con aguas subtropicales (9). Se consideran los depósitos de un ambiente marino sublitoral a nerítico con batimetrías que podrían alcanzar los 500 m de profundidad.

Las secuencias sedimentarias están relacionadas con megacanales o grandes superficies de erosión que pueden corresponder a discontinuidades importantes relacionadas con cambios relativos del nivel del mar, como los cambios gálcioeustáticos registrados a nivel global durante el Mioceno Superior a Plioceno Inferior.

Estratos de Agua Amarga (EAA)

Secuencia de arenas y coquinas arenosas a guijarrosas, blanco amarillentas, expuestas a lo largo de una franja norte-sur, entre los 200 y 350 m de altura, desde Cerro Lecheros por el norte (interior de Caldera), hasta la quebrada Agua Amarga por el sur (al interior de Bahía Salada). Sobreyace a las Gravas del Copiapó, del Mioceno Medio a Plioceno Inferior y subyace a la unidad Estratos de Caldera, del Cuaternario (Fig. 2). Los EAA forman extensos depósitos expresados como losas carbonáticas, en parte disgregados, con espesores menores a un metro. Cubren paleorelieves litorales, tales como terrazas de abrasión marina, plataformas litorales y escollos costeros, y se encuentran parcialmente cubiertos por arenas eólicas cuaternarias. Las rocas carbonáticas contienen oolitas con núcleos mono-minerales, líticos y bioclastos. Presentan modificaciones diagenéticas secundarias (pedogénesis) que obliteran parcialmente la textura primaria de la roca, generándose cavidades de disolución (microkarst) rellenas con cemento esparítico (6). En Cerro Lecheros, afloran hasta 15 m de coquinas amarillentas arenosas con intercalaciones de conglomerados gruesos y arenas gruesas bioclásticas. Contienen tanatocenosis de *Anomia atacamensis*, *Chlamys coquimbensis*, *Ostrea cf. maxima*, *O. ferraris*, *Concholepas cf. nodosa*, *Lingula sp.*, *Lima sp.*,

Fusinus remondi y *Chorus* cf. *grandis*. Al sur de este cerro afloran arenas rojizas, en parte bioclásticas, que podrían corresponder a facies de playa de la misma paleobahía.

En quebrada Agua Amarga, la sección basal es arenosa mientras que, hacia el techo, predominan coquinas arenosas con *Ostrea* spp., *Chlamys* spp. y *Balanus* spp., entre otras (6). El espesor de esta secuencia no supera los 3 m. Las asociaciones de la fauna presentes son consideradas neógenas (8). Tomando en cuenta las relaciones de contacto con los EC y las GC se asigna esta unidad al Plioceno Superior (Fig. 2). Su depositación habría tenido lugar probablemente durante la máxima ingresión marina, entre el Plioceno Inferior y Superior (4 a 3 Ma) (11).

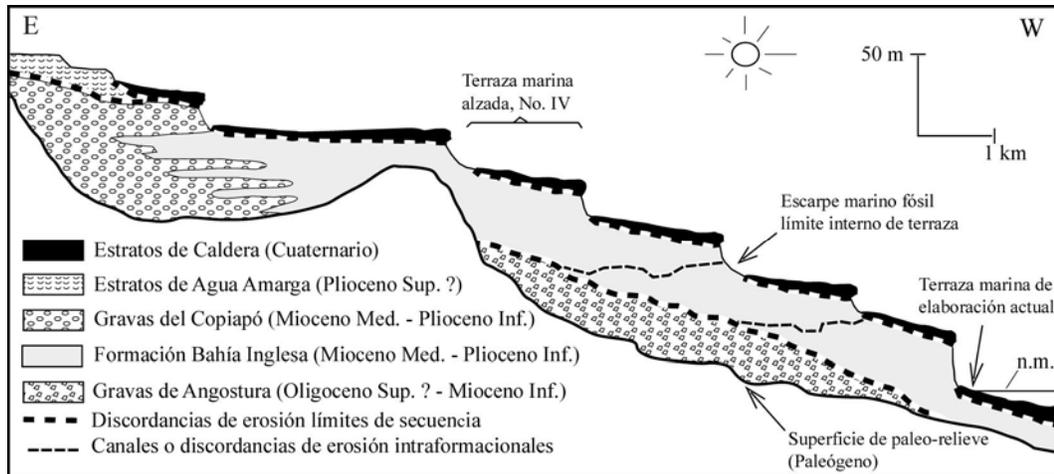


Figura-2: Sección esquemática integrada donde se muestran las diversas relaciones estratigráficas y morfoestratigráficas de las unidades estudiadas.

EL CUATERNARIO

El registro Cuaternario está representado por depósitos de ambiente continental y litoral. Los primeros están constituidos por arenas de origen eólico y gravas aluviales y fluviales, mientras los segundos corresponden a los EC. Terrazas marinas se desarrollaron principalmente sobre los depósitos blandos de la FBI, aunque también se las reconocen en las unidades que forman el basamento metamórfico y cristalino. Estas terrazas, si bien se formaron durante los interglaciares del Cuaternario, evidencian la existencia de movimientos verticales de la región costera.

Estratos de Caldera (EC)

Constituyen un conjunto de sedimentos carbonáticos y clásticos con abundante fauna fósil litoral, asociado con terrazas de abrasión marinas. Esta unidad sobryace en discordancia de erosión a la FBI y localmente se encuentra cubierta por depósitos continentales, tanto eólicos como aluviales. Tiene un amplio desarrollo areal a lo largo de la FC, aflorando hasta 200 m de altura y 15 km al interior de la costa actual. Los depósitos asociados a cada terraza conforman una secuencia constituida por un conglomerado basal de 0,5 m de espesor, con bioclastos de moluscos inmersos en matriz arenosa (facies ingresivas de alta energía, asociadas a oleaje) y coquinas superiores, losas carbonáticas bien cementadas, de hasta 3 m de potencia, las que representan un ambiente infralitoral a litoral, de moderada a baja energía, tanto ingresivo como regresivo, de tercer y cuarto orden.

La presencia en estos depósitos de *Argopecten purpuratus* y *Concholepas concholepas*, entre otros, documentan una edad cuaternaria (9). Los bivalvos *Donax* y *Trachycardium*, asociados a terrazas marinas situadas sobre los 100 m de altitud, sugiere que estos niveles pueden ser coetáneos a depósitos asignados en Mejillones al interglaciar de 400 ka (12). Las terrazas marinas, limitadas por escarpes, representan acantilados fósiles de antiguas líneas de costa labrados durante el máximo avance del mar en episodios interglaciares. Las terrazas con cordones litorales, en cambio, representan fases de descenso del mar. Ambos rasgos morfológicos ponen en evidencia y permiten cuantificar el solevantamiento de la región costera (13).

DISCUSION: EVOLUCION PALEOAMBIENTAL

Las características y relaciones estratigráficas de los depósitos sedimentarios del Neógeno en la región de Caldera, revelan dos etapas claramente diferenciadas: la primera, relacionada con períodos de fuerte erosión e incisión continental (1), anterior a su relleno, probablemente asociada con el bajo nivel marino global del Oligoceno Temprano. El profundo cañón (~80 m de profundidad) labrado en el curso bajo del río Copiapó es un ejemplo conspicuo de esta incisión. La sedimentación agradacional se habría iniciado en el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior, con sedimentos gruesos de carácter continental que constituyen la base de secuencias ingresivas marino-litorales. La segunda etapa, iniciada a partir del Mioceno Medio (FBI), corresponde a una fase de ingresión marina, caracterizada por períodos de depositación durante niveles altos y de erosión en los niveles bajos. Se considera que las ingresiones marinas, documentadas en Caleta Obispito, Quebrada Totoral y Quebrada Agua de los Burros, aprovecharon la configuración de paleoquebradas formadas durante la primera etapa (fuerte incisión continental) para entrar parcialmente en los respectivos valles.

A diferencia de la FBI, los EAA no tienen un control cronoestratigráfico de detalle. Considerando, sin embargo, que esta última unidad representa los afloramientos litorales de mayor desarrollo tierra adentro, se estima que su acumulación habría ocurrido durante el alto nivel marino propuesto para el límite Plioceno Inferior-Superior (11) (Fig. 1). La preservación de terrazas marinas cuaternarias permite, por último, evidenciar un continuo alzamiento tectónico del dominio costero a tasas variables entre 0,1 y 0,3 mm/ka a partir del Pleistoceno Medio (7, 13).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó bajo el marco del proyecto Levantamiento Geológico Falla Atacama y Franja Costera entre los 26 y 28°S de SERNAGEOMIN, con el apoyo financiero del FNDR III Región de Atacama, y como parte de los convenios IRD-Depto. de Geología de la Universidad de Chile e IRD-Facultad de Recursos del Mar de la Universidad de Antofagasta. Se agradece a Moyra Gardeweg el apoyo prestado al estudio y a C. Mpodozis la revisión crítica del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Herm, D. 1969. Marines Pliozän und Pleistozän in Nord- und Mittel-Chile unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. Zitteliana, München.
2. Mortimer, C. 1969. The Geomorphological Evolution of the Southern Atacama Desert, Chile. Ph.D. thesis. Department of Geology, University College London.
3. Paskoff, R. 1979. Un exemple de raccord fluvio-marin: les terrasses du cours inférieur du Río Copiapó, désert d'Atacama, Chili. C.R. somm. Soc. géol. Fr., fasc. 1.
4. Rojo, M. 1985. Un aporte al conocimiento del terciario marino: Formación Bahía Inglesa. In IV Congreso Geológico Chileno, Actas 1-514.
5. Godoy, E.; Marquardt, C.; Blanco, N., (*en prep*). Hoja Caldera, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos, 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.
6. Blanco, N.; Godoy, E.; Marquardt, C., (*en prep*). Hojas Castilla-Totoral Bajo. Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos, 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.
7. Marquardt, C. 1999. Neotectónica de la franja costera y aportes a la geología regional entre Caldera y Caleta Pajonal (27°00' – 27°45'), III Región de Atacama. Tesis M.Sc., Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago, 297p.
8. Guzmán, N.; Marquardt, C.; Ortlieb, L.; Frassinetti, D., (*este Congreso*). La malacofauna neógena y cuaternaria del área de Caldera (27°-28°S) : especies y rangos bioestratigráficos..
9. Marchant, M.; Marquardt, C.; Blanco, N. ; Godoy, E. (*este congreso*). Foraminíferos del área de Caldera (26°45'-28°S) y su utilización como indicadores cronoestratigráficos del Neógeno.
10. Grimm, K.; Orange, D. 1997. Synsedimentary fracturing, fluid migration, and subaqueous mass wasting: Intrastatal Microfractured Zones in laminated diatomaceous sediments, Miocene Monterey Formation, California, U.S.A. Journal of Sedimentary Research, Vol. 67, No. 3, May, 1997, p. 601-613.
11. Willson, G. 1995. The Neogene East Antarctic ice Sheet: A dynamic or stable feature?. Quater. Sci. Reviews, Vol 14, 101-123.
12. Ortlieb, L.; Guzmán, N.; Marquardt, C.; Vargas, G. 1997. El Cuaternario marino del norte de Chile: revisiones cronológicas e identificación posible de depósitos de 400 ka. In VII Congreso Geológico Chileno, Vol. 1, p 371 - 375.
13. Marquardt, C.; Lavenu, A.; Ortlieb L., (*este Congreso*). Neotectónica del área de Caldera y su relación con la subducción.