

**LINEA DE BASE PALEONTOLÓGICA**

**SECTOR  
PUNTA ZORRO**

**COMUNA DE CALDERA  
REGION DE ATACAMA**

**JUNIO 2011**

**MARIO E. SUÁREZ**  
**MUSEO PALEONTOLÓGICO DE CALDERA**

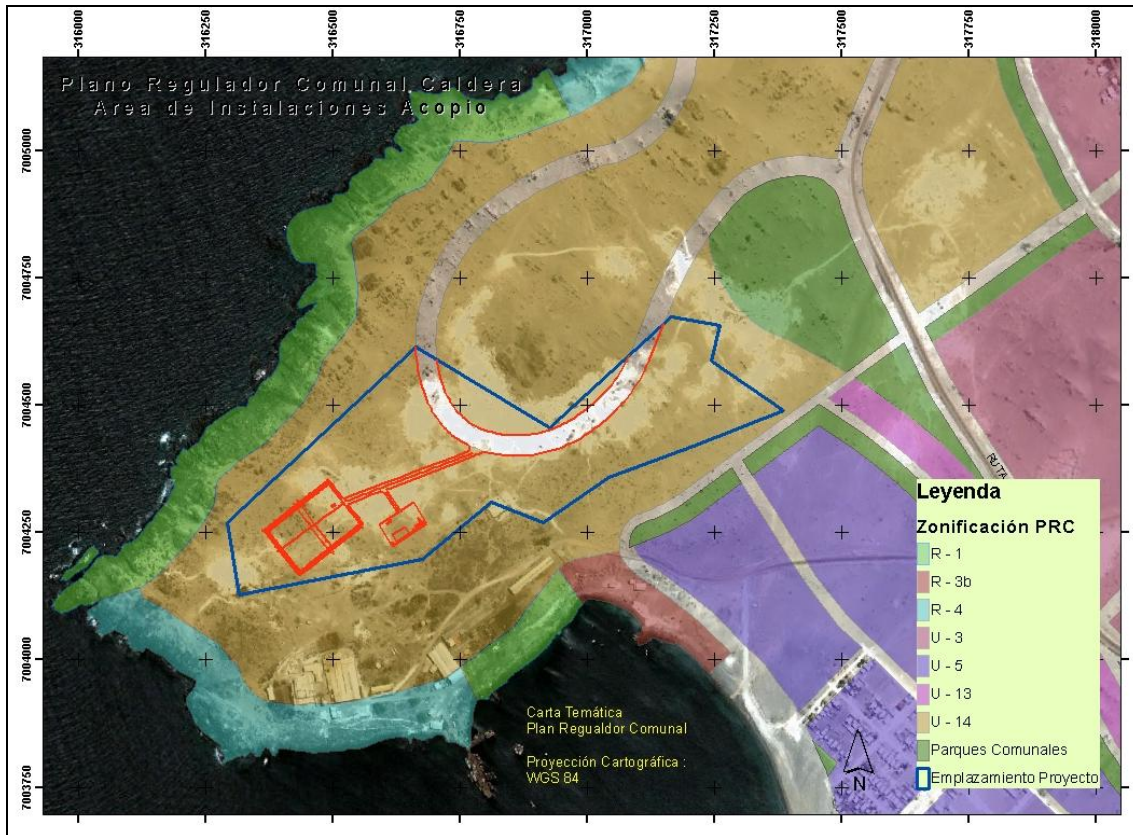
**1. INTRODUCCIÓN**

En el presente informe paleontológico se realiza en el marco de la evaluación para el Proyecto “Poder de Compra, Procesamiento y Exportación de Minerales de Hierro” localizado en el sector denominado Punta Zorro, al Oeste de la ciudad de Caldera, Comuna de Caldera, Región de Atacama. A continuación se presentan los resultados del estudio de Línea de Base Paleontológica realizado entre los días de 25 y 26 de Junio del año 2011, en el área de influencia.

**Figura 1. Mapa indicando ubicación general del proyecto**



**Figura 2 mostrando instalaciones y área de influencia del proyecto sobre el plan regulador comunal (PRC)**



## 2. OBJETIVOS

Los principales objetivos de este estudio son:

- Identificar y caracterizar áreas y/o componentes de importancia paleontológica dentro del área de emplazamiento del trazado vial.
- Identificar el material fósil reconocido en el área de estudio
- Evaluar el potencial paleontológico de los sitios reconocidos e identificar eventuales impactos de las obras proyectadas sobre el componente paleontológico e implicancias derivadas.

## 3. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para la realización de este proyecto incluyó la revisión de la información entregada por el cliente así como también mapas, estudios geológicos y

paleontológicos relativos al área de estudio. Se realizó una campaña de terreno realizando monitoreos visuales superficiales dentro y fuera del área en la cual se ha proyectado el emplazamiento del proyecto evaluando su coincidencia geográfica con formaciones de tipo sedimentario-fosilífero. El trabajo de monitoreo consistió en una campaña de terreno realizada entre los días 25 al 26 Junio del 2011. Para el trabajo de campo y acceso entre áreas más distantes se utilizó un vehículo 4 X 4 y para el monitoreo de detalle se realizó prospecciones visuales pedestres dentro del área del proyecto y también fuera de ella. Se individualizaron puntos específicos de monitoreo que fueron escogidos y referenciados basándose en su representatividad geológica y paleontológica. Durante el desarrollo de la prospección no se realizaron excavaciones paleontológicas ni tampoco se extrajo ningún tipo de material fósil desde el terreno.

#### 4. CONTEXTO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO

El conocimiento acerca del componente paleontológico dentro de la Región de Atacama se haya estrechamente vinculado con la minería y la geología. Uno de los primeros investigadores en la región fue Charles Darwin (1835) al que siguió el naturalista Philippi (1860) así como también Domeyko (1903) y Bruggen (1917). Entre los años 1959 y 1968 el Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile (I.I.G) realizó extensos levantamientos de la cordillera regional profundizando acerca de la geología de la provincia de Atacama. El conocimiento acerca de la geología y paleontología regionales continuó incrementándose hasta el presente con los trabajos de Herm, 1969; Hillebrandt, 1972; Jensen, 1976; Chong y Gasparini, 1976; Chong, 1985; Pérez de A', 1978; Aberhan, 1993; Arévalo, 1994; Suárez *et al.*, 1995; Iriarte *et al.*, 1995, 1999; Cornejo *et al.*, 1998 y más recientemente Mourgues, 2004, 2007.

En la comuna de Caldera, unidad territorial dentro de la cual se realizará el proyecto, se han reconocido abundantes y ricos depósitos sedimentarios fosilíferos correspondientes a la Formación Bahía Inglesa (Godoy *et al.*, 2003). Numerosos autores han destacado la presencia de estos últimos representados por aves marinas costaneras, cetáceos, peces y reptiles (Walsh and Hume, 2001; Suárez y Marquardt, 2003; Suárez *et al.*, 2004; Walsh and Suárez, 2005; Arévalo, 2005; Walsh y Suárez, 2006; Salaberry *et al.*, 2006. Suárez (2010) considera que el patrimonio paleontológico de la comuna de Caldera presenta una gran singularidad e importancia científica y patrimonial para la Región de Atacama. Dentro del área de estudio es posible reconocer las siguientes unidades geológicas:

**Gabro Caldera (Jurásico)**(Godoy *et al.*, 2003): Cuerpo intrusivo expuesto parcialmente dentro del área de estudio. Comprende un gabro de olivino y diorita de clinopiroxeno y/o anfíbola, en parte cuarcífera. Esta unidad no contiene restos fósiles.

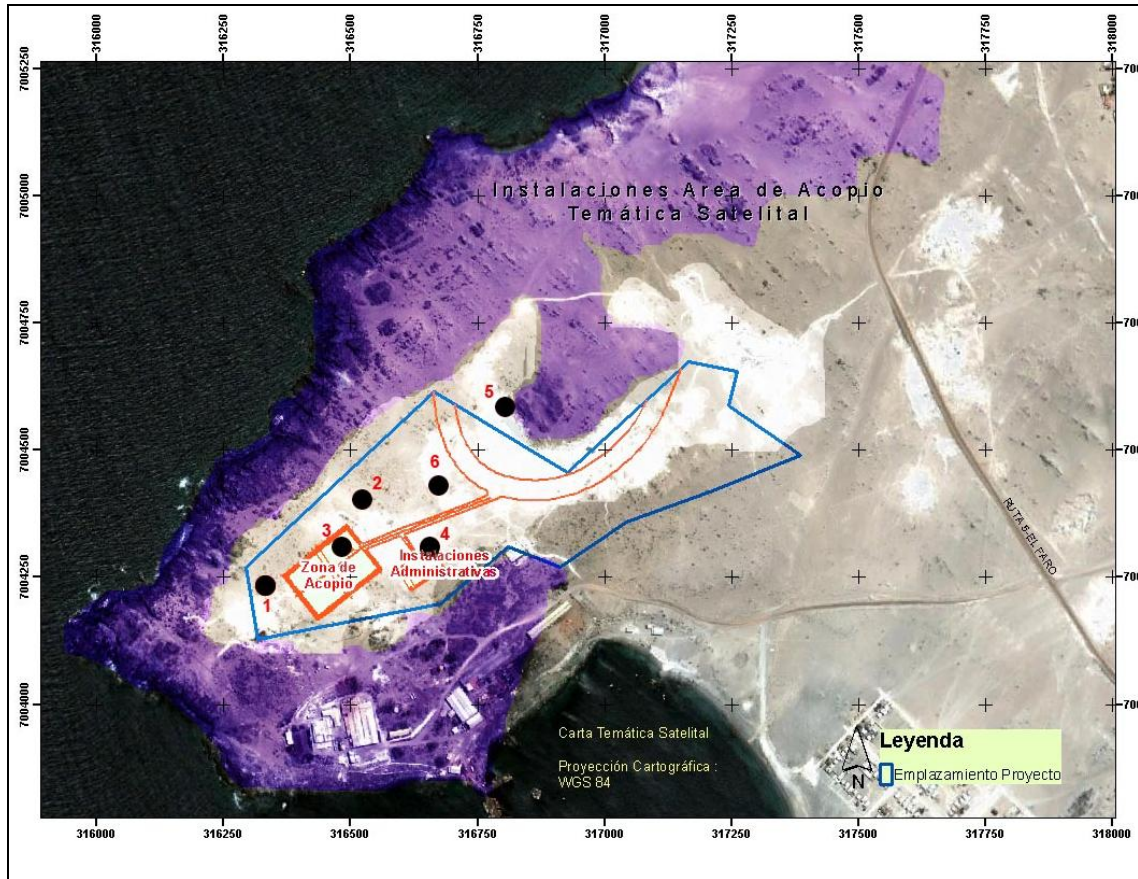
**Formación Bahía Inglesa (Mioceno-Plioceno)** (Godoy *et al.*, 2003): Secuencia sedimentaria marina fosilífera conformada por coquinas, conglomerados, areniscas, fosforitas, cineritas y fangolitas. Algunos niveles son ricos en restos fósiles de

invertebrados y vertebrados marinos, principalmente peces condricios (tiburones), mamíferos marinos (ballenas y delfines); aves marinas y reptiles (Walsh y Hume, 2001; Suárez *et al.*, 2004, Walsh y Suárez, 2005) Esta formación se presenta como una franja costera con dirección norte-sur (Marquardt *et al.*, 2000).

Dentro del área del proyecto esta formación aflora parcialmente, tanto en el sector costero como al interior de la misma, apoyándose sobre el Gabro Caldera. En la zona interior (no directamente costera) se encuentra cubierta por depósitos marinos fosilíferos de edad Pleistoceno denominados Estratos de Caldera (Godoy *et al.*, 2003). En las cercanías del área de estudio (aproximadamente 200 y 900 metros de distancia hacia el Noreste del proyecto han sido recientemente reconocidos importantes afloramientos de esta formación en los cuales se ha identificado abundantes esqueletos completos de ballenas y restos muy bien conservados de delfines, mamíferos carnívoros, tiburones y aves (Suárez *et al.*, 2010a).

**Estratos de Caldera (Cuaternario)** (Godoy *et al.*, 2003): Sucesión sedimentaria marino-litoral compuesta por conglomerados, areniscas y coquinas. Estos sedimentos carbonáticos y clásticos se expresan morfológicamente como terrazas de abrasión marina y depósitos asociados. La presencia de *Argopecten purpuratus* y *Concholepas concholepas* permite asignarles una edad Cuaternario. Hacia el noreste del área de estudio, aproximadamente unos xxx kilómetros, en el sector de Cerro Ballena, las coquinas de los Estratos de Caldera, han aportado los más antiguos restos fósiles de lobos marinos en el territorio nacional (Suárez *et al.*, 2010b)

Figura 3 mostrando puntos de monitoreo paleontológico y afloramientos con unidades geológicas. En color violeta se aprecian afloramientos del Gabro Caldera y en color blanco los afloramientos de los Estratos de Caldera.



## 5. PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

Rubilar (2008) define Patrimonio Paleontológico como materiales de estudio de la ciencia paleontológica que integran parte del patrimonio natural no renovable, histórico y cultural del país. La presencia de fósiles en los yacimientos paleontológicos se debe a procesos o causas naturales, de manera que el ser humano interviene sólo como agente destructor o mitigador. Los fósiles son percibidos en el entorno humano como objeto de diferentes intereses (científico, educativo, ocio e inclusive comercial), existe una comunidad de profesionales que se dedica a su estudio y transmisión del conocimiento disponible, y su difusión responsable es cada vez más necesaria y valorada por la sociedad.

En comparación con el ámbito arqueológico e histórico, la paleontología ha sido tradicionalmente poco difundida en Chile y se hace necesario incrementar su desarrollo mediante publicaciones, inventarios o registros generales que den a conocer los bienes patrimoniales de carácter paleontológico disponibles en nuestro territorio, cuyo resguardo es prioritario para las siguientes generaciones de científicos y ciudadanos.

La Ley 17.288 de Monumentos normativa más importante respecto a la protección y conservación del patrimonio paleontológico chileno, lo identifica bajo la denominación de “piezas paleontológicas” y “los lugares donde éstas se hallaren” entregando ciertas herramientas de protección mediante el “Reglamento sobre excavaciones y/o prospecciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas, publicado en el Diario Oficial el 02 de abril de 1991. En su Artículo 1° expresa que *“Las prospecciones y/o excavaciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas, en terrenos públicos o privados, como asimismo las normas que regulan la autorización del Consejo de Monumentos Nacionales para realizarlas y el destino de los objetos o especies encontradas, se registrará por las normas contenidas en la Ley N° 17.288 y en este reglamento.”* En su Artículo 2°, define lo que se entenderá por prospección, excavación y sitios de especial relevancia:

a) Prospección: El estudio de la superficie de una localidad con el fin de descubrir uno o más sitios arqueológicos, antropológicos o paleontológicos que pueden incluir pozos de sondeo y/o recolecciones de material de superficie.

b) Excavación: Toda alteración o intervención de un sitio arqueológico, antropológico o paleontológico, incluyendo recolecciones de superficie, pozos de sondeo, excavaciones, tratamiento de estructuras, trabajos de conservación, restauración y, en general, cualquier manejo que altere un sitio arqueológico, antropológico o paleontológico”

c) Sitios de especial relevancia: Aquellos que definirá el Consejo de Monumentos Nacionales sobre la base de criterios, de singularidad, potencial de información científica y valor patrimonial.

En su Artículo 5° establece que: Las prospecciones que incluyan pozos de sondeo y/o recolecciones de material de superficie y todas las excavaciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas, en terrenos públicos o privados, sólo podrán realizarse previa autorización del Consejo de Monumentos Nacionales, a través de los permisos correspondientes.

## **6. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

El área del proyecto se sobrepone a unidades geológicas de carácter ígneo y sedimentario las cuales afloran en el borde costero sur de la localidad de Caldera. Estas unidades han sido previamente definidas en la literatura geológica y su rango de edad abarca los períodos Mesozoico y Cenozoico. En general, la mayor parte del área del proyecto se emplaza sobre rocas no fosilíferas del Gabro Caldera las cuales infrayacen a depósitos marinos de edad Pleistoceno correspondientes a los Estratos de Caldera. Es importante señalar que la última unidad evidencia una notable intervención generada por excavaciones de terceros, quienes en el pasado extrajeron abundantes volúmenes de coquina (conchilla) con finalidad comercial. Desde el punto de vista geológico el área del

proyecto corresponde a un afloramiento de rocas intrusivas correspondientes al Gabro Caldera sobre el cual yacen parcialmente depósitos sedimentarios marinos con coquina de edad Pleistoceno, ricos en contenido fosilífero de invertebrados. Esto se aprecia en especial en la zona de los monitoreos 1-2-3-4-5 y 6.

Las rocas intrusivas se exponen en forma heterogénea y sus mejores afloramientos se reconocen mayoritariamente en el área del borde costero y punto de monitoreo 5. La mayor parte de los depósitos de coquina asociados al área del proyecto corresponden a antiguas regresiones marinas ocurridas durante el Pleistoceno, las cuales dejaron potentes paquetes de sedimentos litorales( intermareales) sobre las rocas del Gabro Caldera.

Excavaciones realizadas por terceros han permitido la exposición en superficie de estos depósitos los cuales se conservaron sobre las rocas intrusivas alcanzando grandes extensiones. En general los fósiles más frecuentemente observados en los depósitos pleistocénicos del área de Punta Zorro son *Choncholepas choncholepas*, *Fissurella* aff. *F. costata*, *Scurria zebrina* sp., *Calyptrea* sp. y *Acanthina crassilabrum* y Balanidae indet. Algunas de estas especies de moluscos fueron previamente reconocidas y estudiadas por Guzmán *et al.*, 2000 y constituyen taxones característicos del Pleistoceno, teniendo una amplia distribución dentro de la Comuna de Caldera y en otros depósitos de equivalente edad en el norte chileno tales como la Formación la Portada y Formación Coquimbo (Ortlieb *et al.*, 1998). Además, la mayor parte de las especies de moluscos se encuentran actualmente presentes en la costa de Caldera (Guzmán *et al.*, 1998)



## **7. CONCLUSIONES**

El estudio de línea base paleontológica permitió concluir lo siguiente:

1.- El área del proyecto se emplaza sobre terrenos en donde predominan depósitos sedimentarios fosilíferos correspondientes a la unidad Estratos de Caldera que sobreyacen parcialmente a rocas intrusivas no fosilíferas de la unidad Gabro Caldera cubiertas (Godoy *et al.*, 2003). Los depósitos fosilíferos corresponden a coquina y evidencian intervención previa por parte de terceros que explotaron el sitio con la finalidad de comercializar las conchillas.

2.- La unidad de edad Pleistoceno se desarrolla en forma relativamente homogénea dentro del área del proyecto y contiene abundantes restos fósiles de invertebrados marinos (moluscos gastrópodos) y la mayor parte comprende especies relativamente comunes en el registro estratigráfico local. Algunas de estas especies aún persisten en la costa chilena actual y poseen una amplia distribución geográfica que abarca otras áreas geográficas de Chile tales como Coquimbo y Antofagasta. No obstante la gran abundancia de invertebrados fósiles en el área del proyecto y su intervención previa por parte de terceros, no debe desestimarse el eventual hallazgo de restos de vertebrados en el área como los reconocidos recientemente por Suárez *et al*, 2010 b los cuales pudiesen aparecer producto de intervenciones mayores tales como grandes movimientos de tierra en el sector.

## **8. RECOMENDACIONES**

Frente a la eventual intervención que se generará sobre el componente paleontológico existente dentro del área del proyecto, producto de excavaciones y/o movimientos de tierra mayores que conllevarían la habilitación de la infraestructura de acopios de mineral y otros en sitios que aún preservan estratigrafía original, se sugiere incorporar medidas que permitan disminuir eventuales impactos negativos sobre el componente patrimonial. Sobre lo anterior se sugiere recurrir a monitoreo por parte de especialistas en el momento de realizarse movimientos de tierra así como también la incorporación de charlas o capacitaciones sobre patrimonio paleontológico y geológico para el personal encargado de ejecutar las acciones arriba mencionadas. Adicionalmente se propone la fabricación e implementación de señalética para indicación, advertencia y protección de sitios paleontológicos.

## 9. REFERENCIAS

Aberhan, M. 1993. Benthic macroinvertebrate associations on carbonate-clastic ramp in segments of the Early Jurassic back-arc basin of northern Chile (26-29°S). *Revista Geológica de Chile*, Vol. 20, N° 2.

Arévalo, C. 2005. Carta Copiapó, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 91. 54 p. Mapa Escala 1: 100.000.

Arévalo C. 2005. Carta Los Loros, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile. Serie Geología Básica, No. 92. 53 p. Mapa Escala 1:100.000. Santiago.

Biese, 1942. La distribución del Cretácico Inferior al sur de Copiapó.- An. Primer Cong. Panam. Ing.Min. Geol., t. II; pág.: 429-466.

Bruggen, J. 1917. Bruggen, J.1917. Informe sobre el carbon de la Ternera(Copiapó). Bol. Nac. de Min., Publ. Serv. Geol. De Chile, p. 447-496, Santiago.

Chong, G. 1985. Hallazgo de restos óseos de dinosaurios en la Formación Hornitos, Tercera Región, Atacama, Chile. IV Congreso Geológico Chileno, Vol. I, 152-159.

Cornejo, P; Mpodozis, C. ;Tomlinson, A, 1998. Hoja Salar de Maricunga, Región de Atacama, Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Mapas Geológicos, mapa escala 1:100.000.

Domeyko, I. (1903). "Jeología". Tomo V, imprenta Cervantes, Santiago, 453 p.

Godoy, E. P. y Lara, Luis, 1999. Hoja Puerto Flamenco, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Mapa Escala 1: 100.000 Sernageomin, Santiago, Chile.

Godoy, E., Marquardt, C. & Blanco, N. 2003: Mapa Geológico 1: 100.000, Hoja Caldera. Sernageomin, Santiago, Chile.

Guzman, N; Marquardt, C; Ortlieb, L.; Frassinetti, D. 2000. La malacofauna Neógena y Cuaternaria del área de Caldera (27-28°S): especies y rangos bioes-tratigráficos. *In* Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas 1: 476-481. Puerto Varas.

Guzmán,N; Saá,N; Ortlieb,L. 1998. Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (*Gastropoda* y *Pelecypoda*) de la zona de Antofagasta, 23°S, Chile. *Estudios Oceanológicos* 17: 17-86.

Hillebrandt, A. 1972. Sobre bioestratigrafía y la fauna de ammonites del Jurásico de América del Sur (especialmente Chile). Trad. R. Charrier, Depto. Geol., U. de Chile, Publ. 39, 50 p., 3 figs., 2 tabl., Santiago.

Herm, D. 1969. Marines Pliözan und Pleistözan in Nord und Mittel Chile unter besonderen Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. Zittelia 2 : 1-159, Munchen.

Iriarte S., Mpodozis, C., Gardeweg, M. 1995. Hoja Laguna del Negro Francisco, Región de Atacama. Versión preliminar. Servicio Nacional de Geología y Minería, escala 1:100.000. Santiago.

Iriarte, S.; Arévalo, C.; Mpodozis, M. 1999. Hoja La Guardia, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Mapas Geológicos nº 13, 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.

Jensen, O.1976: Geología de las nacientes del río Copiapó entre los 27°53' y 28°20' Lat. sur, provincia de Atacama, Chile: Santiago, Universidad de Chile, Departamento de Geología, Memoria de Título, inédito, 299 p.

Marquardt, C., Blanco, N., Godoy, E., Lavenu, A., Ortlieb, L., Marchant, M. & Guzmán, N. 2000: Estratigrafía del Cenozoico Superior en el área de Caldera (26° 45' – 28° S), III. Región de Atacama, Chile.- IX Congreso Geológico Chileno, Actas Vol. 1, Pág. 504 – 508, Puerto Varas, Chile.

Mourgues, F.A. 2004. Advances in ammonite biostratigraphy of the marine Atacama basin (Lower Cretaceous), northern Chile, and its relationship with the Neuquén basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 17: 3–10.

Mourgues, F.A. 2007. Paléontologie stratigraphique (Ammonites) et évolution tectono-sédimentaire du bassin d'arrière arc de Chañarcillo (Berriasien-Albien, Nord du Chili). Unpublished PhD thesis, University of Toulouse III, 259 p. France.

Ortlieb, L; Guzmán, N.; Candia, M. 1994. Moluscos litorales del Pleistoceno Superior en el área de Antofagasta, Chile: Primeras determinaciones e indicaciones paleoceanográficas. *Estud. Oceanol.* 13: 57-63.

Pérez, d'A., E. 1978, Bioestratigrafía del Jurasico de Quebrada Asientos, norte de Potrerillos.Región de Atacama. Boletín nº 37, Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile- Memoria de Título, Univ. de Chile, Depto. Geol. 188p. Chile.

Philippi, R.A 1887. Die Tertiäre und Quartäre Versteinerungen Chiles. F.A. Brockhaus, 256 p. Leipzig.Alemania.

Rubilar, A. 1998. Paleontología, patrimonio paleontológico y sus vínculos con la biología y geología. In Simposio Paleontología en Chile, No. 1 (Rubilar, A.; Rubilar-R., D.; Gutstein, C.; Editores), Actas 1:3-8. Santiago.

Sallaberry, M.; Rubilar-Rogers, D.; Suárez, M. E.; Gutstein, C. 2007. The skull of a fossil prion (Aves: Procellariiformes) from the Neogene (Late Miocene) of northern Chile. *Revista Geológica de Chile* Vol. 34 (1): 147-154.

Suárez, M., Bell, C.M. and T. Hutter, T. 1995 Lower Triassic lacustrine sediments in La Coipa area, Atacama, Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 8, No. 1, pp. 9-15.

Suárez, M.E.; Marquardt, C. 2003. Revisión preliminar de las faunas de peces elasmobranquios del Mesozoico y Cenozoico de Chile, comentarios sobre su valor cronoestratigráfico In Congreso Geológico Chileno nº 10 sesión temática 3 CD-Rom, Concepción.

Suárez, M.E.; Lamilla, J.; Marquardt, C. 2004. Peces Chimaeriformes (Chondrichthyes, Holocephali) del Neógeno de la Formación Bahía Inglesa, Región de Atacama, Chile. *Revista Geológica de Chile*. 31 (1): 105-117.

Suárez, M. E. 2010. Patrimonio Paleontológico de Atacama. Libro de Memorias del II Encuentro de historia local de la Provincia de Chañaral. Departamento de Cultura Ilustre Municipalidad de Diego de Almagro, 17-31.

Suárez, M.E.; Gutstein, C.; Pyenson, N.2010. Un nuevo sitio con ballenas fósiles de la Formación Bahía Inglesa, Región de Atacama. II Simposio - Paleontología en Chile, Concepción.

Suárez M.E.; Valenzuela, A.; Yury, R.2010. Primer sitio con vertebrados marinos de edad Pleistocenos en Chile, Caldera, Región de Atacama. II Simposio - Paleontología en Chile, Concepción.

Walsh, S.; Suárez, M.E. 2005. First Post-Mesozoic record of Crocodyliformes from Chile. *Acta Palaeontologica Polonica* 50 (3): 595-600.

Walsh, S.; Suárez, M.E. 2006. New penguin remains from the Pliocene of northern Chile. *Historical Biology* 18: 115-126.

## ANEXO 1. PUNTOS DE MONITOREO

**Tabla 1.** Puntos y coordenadas de monitoreo paleontológico indicando tipo de depósito, unidad de proveniencia y componentes patrimoniales reconocidos.

Punto de Monitoreo	UTM Datum WGS 84		Tipo de Depósito	Componente Paleontológico
	E	N		
1	316303	7004221	Sedimentario-Marino	Invertebrados
2	316485	7004372	Sedimentario-Marino	Invertebrados
3	316491	7004234	Sedimentario -Marino	Invertebrados
4	316650	7004275	Sedimentario -Marino	Invertebrados
5	316834	7004525	Sedimentario-Marino	Invertebrados
6	316711	7004330	Sedimentario -Marino	Invertebrados

## ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS

**Foto 1** mostrando punto de monitoreo 4 y vista con amplio desarrollo de depósitos sedimentarios



Foto 2 mostrando punto de monitoreo 1 con nivel de coquina fosilífera



Foto 3 mostrando detalle de punto de monitoreo 1 con niveles de coquina *in situ*



**Foto 4 mostrando aspecto punto de monitoreo 6**



**Foto 5 mostrando aspecto de punto de monitoreo 2**



Foto 6 mostrando detalle de coquinas fosilíferas en punto de monitoreo 3





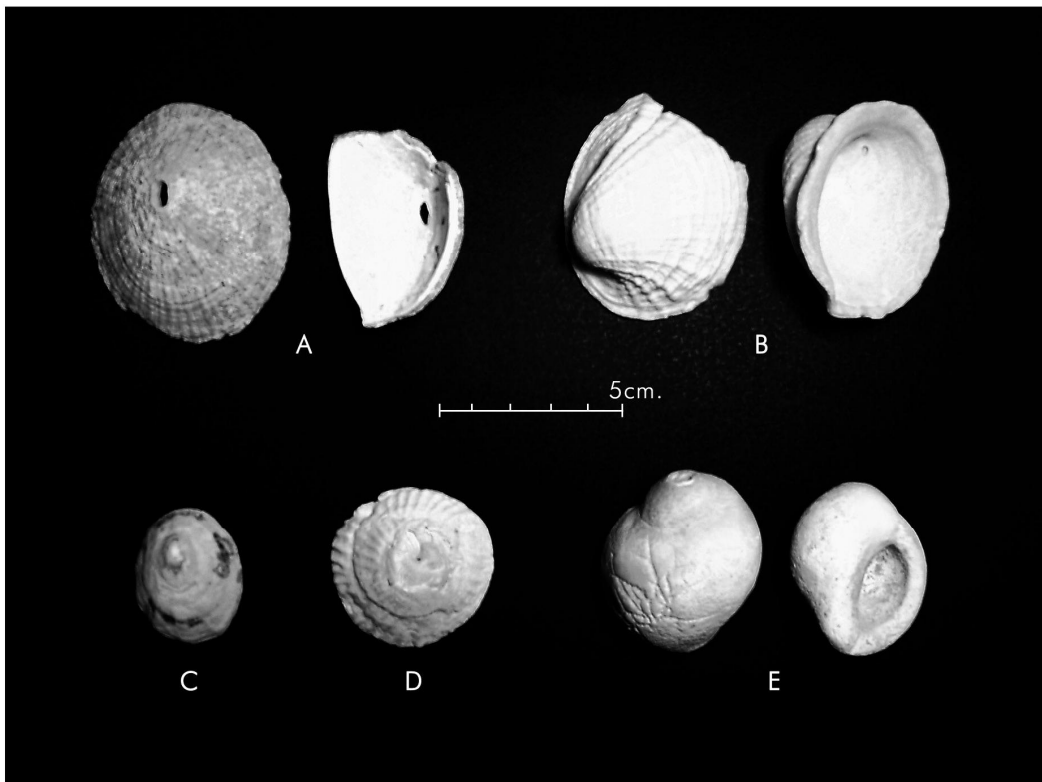
Foto 7 mostrando vista general desde el punto de monitoreo 5



Foto 8 mostrando detalle de fósiles *in situ* y estratigrafía preservada en punto de monitoreo 5



### ANEXO 3. PLANCHA FÓSILES



- (A) *Fissurella costata*
- (B) *Concholepas concholepas*
- (C) *Scurria zebrina*
- (D) *Calyptraea* sp.
- (E) *Acanthina crassilabrum*