



Anexo 10

Informe Paleontológico



Línea de Base Paleontológica

EIA Proyecto Abastecimiento de Agua para la Minería del Valle de Copiapó

Región de Atacama, Chile

Marzo 2010

Mario E. Suárez
Museo Paleontológico de Caldera

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	1
3. METODOLOGÍA	2
4. CONTEXTO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO.....	2
5. PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO	4
6. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	6
7. CONCLUSIONES.....	14
8. RECOMENDACIONES	14
9. REFERENCIAS.....	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas de inicio y término.....	1
---	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sector Planta de Magnetita – By pass Caldera	8
Figura 2: Sector By pass Caldera– Río Copiapó	9
Figura 3: Sector Río Copiapó – SE Caldera	10
Figura 4: Sector SE Caldera – Área de Planta Desalinizadora (a)	12
Figura 5: Sector SE Caldera – Área de Planta Desalinizadora (b)	13

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Puntos y coordenadas de monitoreo paleontológico indicando tipo de depósito de proveniencia y componentes patrimoniales reconocidos	18
Anexo 2: Fotografías	19

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS ANEXO 2

Fotografía 1: Punto Monitoreo MA1, junto a concentrado. Depósitos aluviales inactivos (Edad Cuaternario).....	19
Fotografía 2: Punto Monitoreo MA3, vista hacia el suroeste. Se aprecian depósitos aluviales inactivos (Edad Cuaternario)	19
Fotografía 3: Punto Monitoreo MA 4, vista hacia Noroeste. Cerro de la izquierda corresponde a rocas intrusivas de Sierra Atacama y camino a depósitos aluviales (Cuaternario).....	20
Fotografía 4: Punto Monitoreo MA 5, hacia el Suroeste	20
Fotografía 5: Sector entre MA 5 y MA 6, vista Noroeste.....	21
Fotografía 6: Punto Monitoreo MA 6, vista hacia el Noreste	21
Fotografía 7: Punto Monitoreo MA 7, vista hacia el Noroeste.....	22
Fotografía 8: Punto Monitoreo MA 10, vista hacia el Oeste.....	22
Fotografía 9: Punto Monitoreo MA 10, vista hacia el sur mostrando conglomerados no fosilíferos de la Unidad Estratos de Agua Amarga.....	23
Fotografía 10: Punto Monitoreo MA 10 (hacia el norte) mostrando trazado de acueducto y afloramiento sedimentario marino de Edad Cuaternario.....	23
Fotografía 11: Vista de Punto Monitoreo MA 12 hacia el norte	24
Fotografía 12: Punto de Monitoreo MA 11 mostrando coquina con fragmentos de conchas de moluscos cuaternarios (Estratos de Caldera). Espécimen corresponde al pectínido <i>Argopecten purpuratus</i>	24
Fotografía 13: Punto Monitoreo MA 12. Sustrato de camino corresponde a depósitos eólicos inactivos (Edad Cuaternario)	25
Fotografía 14: Punto Monitoreo MA 13, vista hacia el Norte. Las rocas oscuras al fondo corresponden a intrusivos del Plutón Relincho (Edad Jurásico).....	25
Fotografía 15: Punto Monitoreo MA 14 mostrando diente fósil de tiburón <i>Cosmopolitodus hastalis</i> expuesto en superficie por erosión (Edad Mioceno).....	26
Fotografía 16: Punto Monitoreo MA 14 con huesos fósiles de cetáceos y pectinidos de la especie <i>Chlamys calderensis</i> (Edad Mioceno).....	26
Fotografía 17: Punto Monitoreo MA 15, vista hacia el Este. Se indican los niveles fosilíferos cuaternarios de coquina y areniscas suprayacentes a niveles de la Formación Bahía Inglesa.....	27
Fotografía 18: Punto Monitoreo MA 15. Nivel con abundantes fósiles del molusco fósil <i>Ostrea</i> sp. de edad Neógeno (Mioceno Superior) expuestos en la localidad por movimientos de tierra previos	27
Fotografía 19: Punto Monitoreo MA 15, con restos óseos de un cetáceo fósil indeterminado (vértebra fragmentada) acompañados de ostras fósiles	28



Fotografía 20: Punto Monitoreo MA 19, vista hacia el Norte del sector para localización de infraestructura principal de la Planta Desalinizadora 28

Fotografía 21: Punto Monitoreo MA 19, hacia Oeste, mostrando continuación del trazado marcado con tiza hacia punto MA 20. Se aprecia su emplazamiento sobre rocas intrusivas del Plutón Relincho..... 29

Fotografía 22: Punto Monitoreo MA 20 marcado con bandera roja, evidenciando absoluto dominio de rocas intrusivas no fosilíferas 30

1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se presentan los resultados del estudio de Línea de Base Paleontológica realizado entre los días 22 y 24 de Febrero del año 2010, en el área de influencia proyectada para la Planta Desalinizadora, localizada en el sector costero al Sur de Bahía Totalillo a unos 22 km al norte de la ciudad de Caldera, comuna de Caldera; y el trazado del acueducto entre la Planta Desalinizadora y la Estación Terminal, ubicada en las cercanías de la Planta de Magnetita al Noroeste de Nantoco, comuna de Tierra Amarilla.. El tramo estudiado desde Caldera a Tierra Amarilla tiene una extensión aproximada de 117 km (Figura 1 a Figura 5). Las coordenadas de inicio y término del tramo en estudio son:

Tabla 1: Coordenadas de inicio y término

Punto	UTM Este	UTM Norte
Inicio	369.169	6.956.644
Término	319.157	7.026.369

Datum: WGS84

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 del Acueducto y la Planta Desalinizadora.
- Identificar en forma taxonómica 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 y evaluar sus implicancias derivadas y necesidades tales como rescates paleontológicos o medidas de mitigación y/o compensación.

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 utilizando el material mencionado, realizando monitoreos visuales superficiales a lo largo del trazado y de los sectores en donde se ha proyectado el emplazamiento de la infraestructura, verificando su coincidencia geográfica con formaciones de tipo sedimentario-fosilífero. El trabajo de monitoreo consistió en una campaña de terreno realizada entre los días 7 y 10 de Febrero del 2010. Para el trabajo de campo y acceso a las áreas distantes se utilizó un vehículo 4x4 y para el monitoreo de detalle se realizó prospecciones visuales pedestres a lo largo del trazado considerando un área de amortiguación lateral de aproximadamente 100 m. Se individualizaron puntos específicos de monitoreo que fueron escogidos y geo-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 área.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO

El reconocimiento del componente paleontológico dentro de la Región de Atacama y el área de estudio se encuentra estrechamente vinculado con la minería y la geología. Las primeras consideraciones se remontan a 1835, cuando Charles Darwin realizó una incursión al valle del río Copiapó. Posteriormente, numerosos investigadores continuaron estudiando la región, entre ellos el sabio y 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 entre los paralelos 27° y 28° S, sentando las bases de la nomenclatura litoestratigráfica formacional 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; Hillebrand, 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 Godoy *et al.*, 2003, Walsh and Hume, 2001; Mourgues, 2004, 2007; Suárez y Marquardt, 2003; Suárez *et al.*, 2004; Walsh and Suárez, 2005; Arévalo, 2005; Walsh and Suárez, 2006; Salaberry *et al.*, 2006 y Suárez, 2010.

Las principales unidades geológicas de la Región de Atacama que se encuentran asociadas al presente estudio son:

- **Plutón Relincho (Jurásico)** (Godoy y Lara, 1999): Cuerpo intrusivo expuesto en la zona costera entre Quebrada Cuevitas y Caleta Mora. En la zona de estudio alcanzan gran desarrollo en especial dentro de la zona situada entre MA12 hasta MA 20 se encuentra representado por tonalitas, granodioritas y granitos, dioritas cuarcíferas y tonalitas de grano fino.
- **Diorita La Brea (Cretácico Inferior alto)** (Arévalo, 2005) Se trata de dioritas de clinopiroxeno y hornblenda (Microdioritas y microdiorita cuarcíferas). Esta unidad se desarrolla específicamente en la zona aledaña a MA 0, MA 1 y MA 2.
- **Formación Nantoco (Cretácico Inferior)** (Biese, 1942): Secuencia sedimentaria marina fosilífera a transicional que aflora fuera del área de estudio, hacia el Sureste de Mina Candelaria y de MA 0. La componen rocas carbonáticas tales como calcilutitas y calcarenitas, areniscas rojas y conglomerados. Las calcilutitas contienen icnofósiles (trazas fósiles de organismos) asignados al icnogénero *Thalassinoides*.
- **Diorita Cuarcífera Sierra Chicharra (Cretácico inferior)** (Arévalo, 2005): Corresponde a un intrusivo conformado por dioritas cuarcíferas que alcanza su máximo desarrollo al Este de MA 6 y Noreste de MA 5.
- **Diorita Sierra de Atacama (Cretácico Inferior)** (Godoy *et al.*, 2003): Cuerpo intrusivo conformado por dioritas y monzodioritas que aflora en el sector sur del área de estudio, al Sureste de Sierra Chicharra y Norte de MA 5.
- **Plutón Cerro Morado (Cretácico Inferior)** (Godoy *et al.*, 2003): Cuerpo intrusivo integrado por tonalitas, granodioritas, dioritas cuarcíferas y escaso granito. Esta unidad se relaciona con el área de estudio aflorando principalmente en la zona de Sierra Monardes, al Sur del Río Copiapó, al Este de MA 8 y Noreste de MA 7.
- **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 vertebrados marinos, principalmente peces condriictios (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). En

relación con el trazado del proyecto se desarrolla específicamente en quebradas coincidentes con MA 14 y MA 15.

- **Gravas de Copiapó (Mioceno- Plioceno)** (Godoy *et al.*, 2003): Sedimentos clásticos grises constituidos por gravas redondeadas no consolidadas a levemente cementadas.
- Se desarrollan principalmente al sur de punto MA 9, dentro del cauce seco del río Copiapó.
- **Estratos de Agua Amarga (Plioceno)** (Godoy *et al.*, 2003): Secuencia de coquinas, gravas y conglomerados de carácter marino litoral. Ocasionalmente contienen restos mal preservados de invertebrados. Se desarrollan en la zona de punto MA 10.
- **Estratos de Caldera (Cuaternario)** (Godoy *et al.*, 2003): Sucesión sedimentaria marina-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. Dentro de la zona del proyecto se encuentran asociados geográficamente a MA 11, MA 12, MA 13, MA 14 y MA 15.

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.

Lamentablemente, 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 su 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 regirá 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 trazado de acueducto intersecta numerosas unidades geológicas las cuales han sido previamente definidas en la literatura geológica revisada. El rango de edad de esas unidades estudio abarca los períodos Mesozoico al Cenozoico. Sobre la base de mapas y estudios geológicos regionales, la mayor parte de los sectores monitoreados se encuentran emplazados o asociados a unidades de carácter intrusivo no fosilífero, determinando una presencia restringida del componente patrimonial paleontológico.

Sector Planta de Magnetita – By pass Caldera

En este sector el trazado entre MA 0 y MA 2 se emplaza mayoritariamente sobre rellenos aluviales inactivos de edad Cuaternario acompañadas de rocas intrusivas de tipo plutónico correspondientes a la Diorita la Brea (Arévalo, 2005) a la cual se asigna una edad Cretácico Inferior alto (Fotografía 1). Hacia el cardinal Sureste, fuera del trazado, se identifican rocas sedimentarias marinas de edad Cretácico Inferior correspondientes a la Formación Nantoco (Biese, 1962). El trazado entre MA 2 MA 3 y se desarrolla en sentido Este a Suroeste cruzando la ruta 5 hasta alcanzar el By pass a Caldera emplazándose exclusivamente sobre depósitos aluviales inactivos de edad Cuaternario (Arévalo, 2005) (Figura 1, Fotografía 2).

Sector By pass Caldera – Río Copiapó

El trazado entre MA 3 y MA 4 se emplaza mayoritariamente sobre depósitos aluviales de edad Cuaternario hasta alcanzar el sector rocoso MA 4, correspondiente a la unidad intrusiva Diorita Sierra de Atacama de edad Cretácico inferior alto (Arévalo, 2005). La sección MA 4 – MA 5 continúa hacia el Suroeste emplazándose sobre una quebrada rellena con depósitos aluviales cuaternarios, bordeada por el intrusivo Diorita Sierra Atacama. A partir de MA 5 y continuando con MA 6 y MA 7 hacia el Noroeste, el trazado se superpone a extensivos depósitos de origen aluvial asignándoles una edad Cuaternario. Estos depósitos se encuentran limitados en forma areal por afloramientos de rocas intrusivas no fosilíferas pertenecientes al Plutón de Cerro Morado (Godoy et al., 2003) alcanzando gran desarrollo hacia el Noroeste. Llanos, hondonadas, quebradas y pequeñas dunas conforman la geomorfología dominante entre los puntos de monitoreo MA 5 y MA 8 (Figura 2, Fotografía 3).

Sector Río Copiapó – SE Caldera

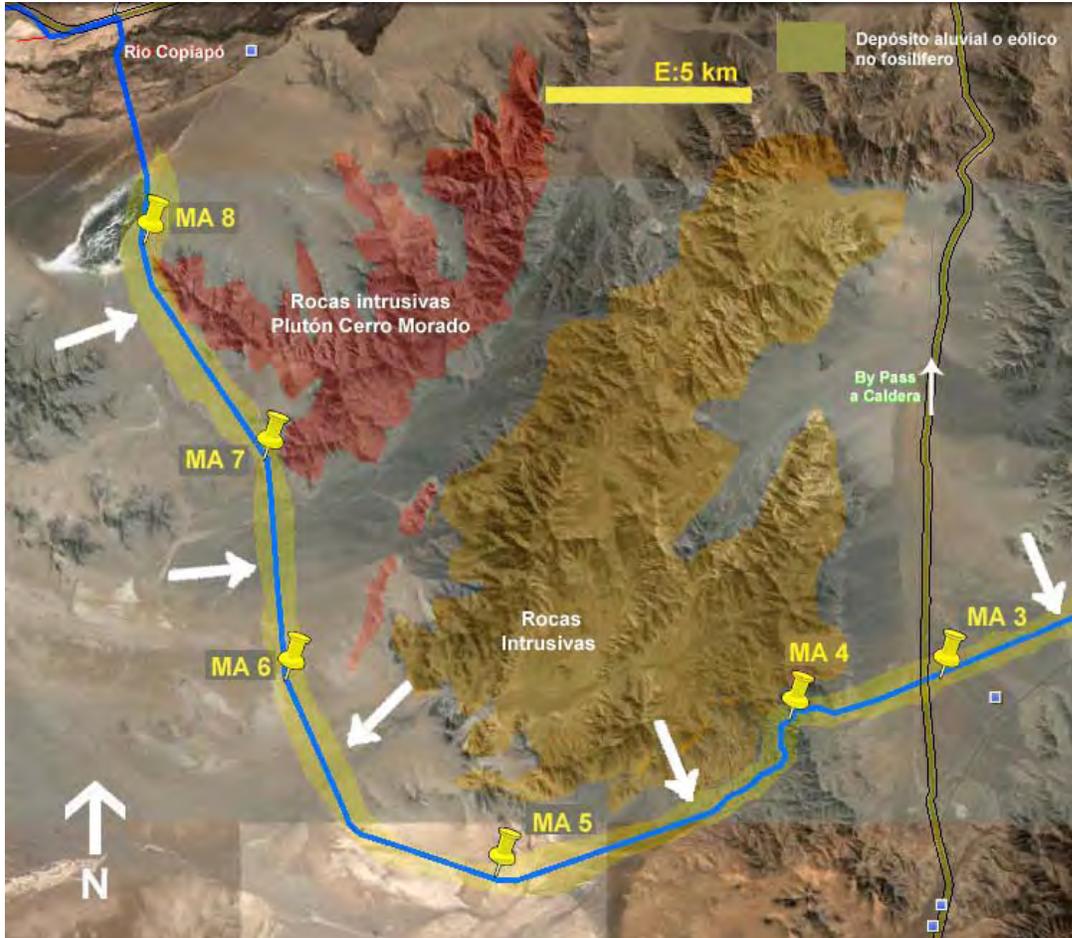
El trazado entre la zona del Río Copiapó entre MA 8 y MA 9, corresponde a depósitos aluviales y fluviales constituyentes del mencionado río. La sección continúa hacia el Noroeste, paralela a la ruta 5 hacia Caldera entre puntos MA 9 y MA 10. En su fase inicial el trazado se emplaza sobre gravas y arenas de origen fluvial correspondientes a la unidad Gravas de Copiapó, de edad Mioceno-Plioceno (Godoy *et al.*, 2003) para luego extenderse sobre los Estratos de Agua Amarga, de edad Plioceno (Fotografía 9), continuando hacia el norte sobre extensos depósitos eólicos que alcanzan terrazas cuaternarias al sur y Oeste de MA 11. (Figura 3). En MA 10 (Fotografía 10) se registró un pequeño afloramiento con areniscas marinas al norte del trazado. Aún cuando la ausencia de bioindicadores cronoestratigáficos (fósiles guía) en esos niveles dificulta establecer su edad, la situación estratigráfica observada, sobre depósitos eólicos sugiere una edad Cuaternaria.

Figura 1: Sector Planta de Magnetita – By pass Caldera



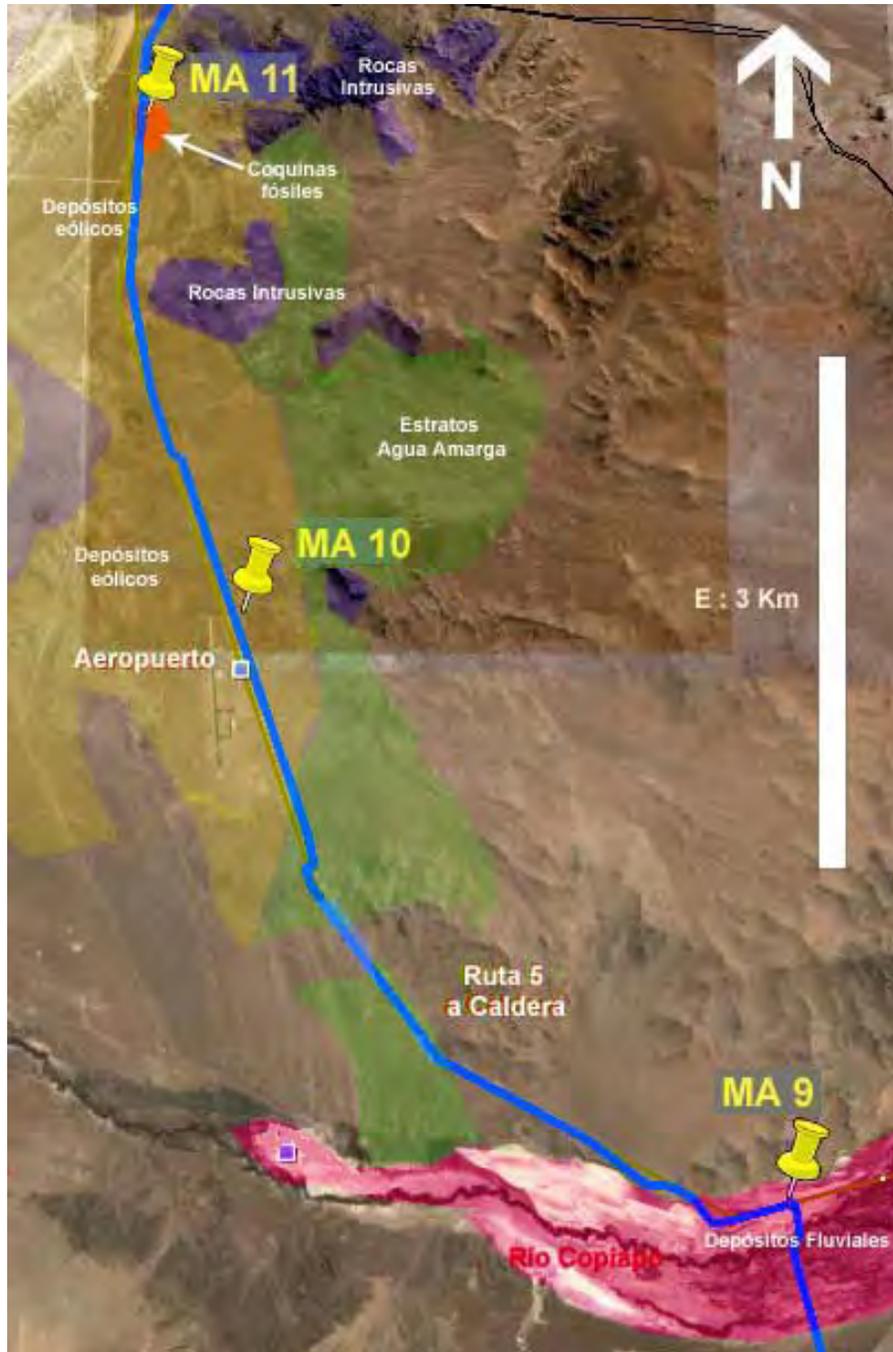
Fuente: Elaboración propia. Google Earth

Figura 2: Sector By pass Caldera– Río Copiapó



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

Figura 3: Sector Río Copiapó – SE Caldera



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

Sector SE Caldera – Área de Planta Desalinizadora

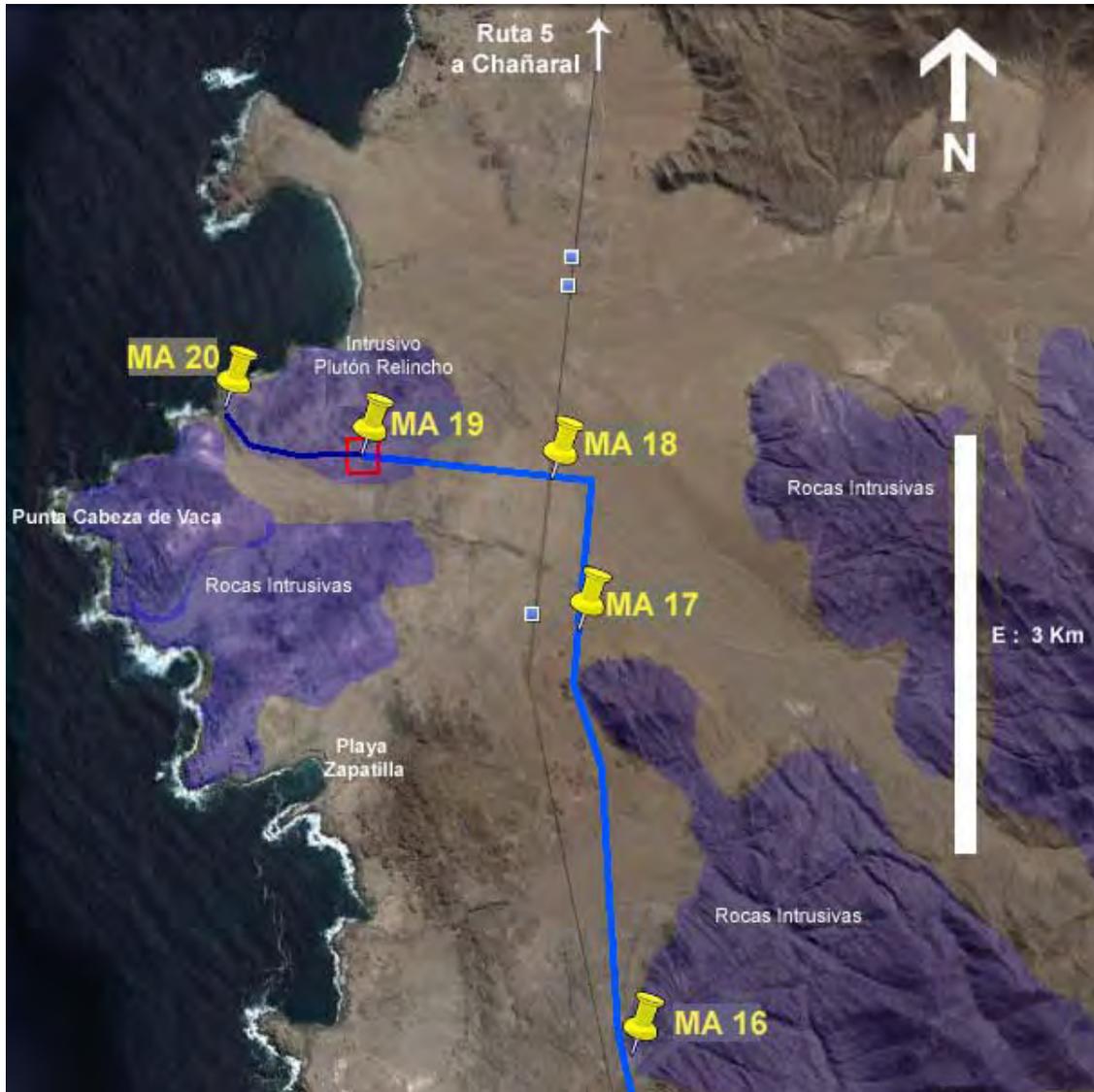
En este sector el trazado se desarrolla siempre hacia el Norte, relativamente paralelo al este de la ruta 5, disponiéndose intermitentemente sobre depósitos aluviales y eólicos de edad Cuaternario (Ver Puntos MA 12, MA 13, MA y área Sur de MA 15). En el área de Caleta Mora (Norte de MA 13) el trayecto se sobrepone transversalmente a depósitos eólicos activos (dunas) prosiguiendo hacia el norte sobre depósitos aluviales suprayacentes a afloramientos de rocas intrusivas de edad Jurásico correspondientes al Plutón Relincho (Godoy y Lara, 1999) (Figura 4, Fotografía 14). La sección continúa hacia el Norte con puntos MA 14 y MA 15 los cuales se sobreponen a depósitos de edad Cuaternario correspondientes a los Estratos de Caldera (Godoy *et al.*, 2003). Bajo los niveles cuaternarios de MA 14 y MA 15 se reconoció una secuencia sedimentaria altamente fosilífera correspondiente a la Formación Bahía Inglesa (Edad Neógeno) conteniendo abundantes moluscos fósiles de las especies *Chlamys calderensis*, *Chlamys simpsoni* y *Ostrea* sp. asociados a abundantes huesos fósiles de cetáceos (craneales, dentarios y vértebras) acompañados de dientes fósiles de los tiburones *Cosmopolitodus hastalis*, *Carcharhinus brachyurus* y *Galeorhinus* sp. (Figura 4, Fotografía 15, Fotografía 16, Fotografía 17, Fotografía 18, Fotografía 19). Hacia el norte, a partir del punto MA 16, el trazado vuelve a sobreponerse a rocas intrusivas no fosilíferas del Plutón Relincho (Figura 5). En el punto MA 18, área mayormente dominada por depósitos aluviales inactivos e intrusivos, el trayecto cambia su trayectoria, proyectándose hacia el cardinal Oeste, en dirección al borde costero sur de la Bahía Totalillo (Figura 5). Dentro de este último sector se encuentra el área destinada para la instalación de la planta desalinizadora (MA 19) y su correspondiente toma de agua a nivel costero (MA 20). Ambas infraestructuras han sido proyectadas exclusivamente sobre un macizo afloramiento de rocas intrusivas no fosilíferas del Plutón Relincho (Figura 5, Fotografía 20, Fotografía 21, Fotografía 22).

Figura 4: Sector SE Caldera – Área de Planta Desalinizadora (a)



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

Figura 5: Sector SE Caldera – Área de Planta Desalinizadora (b)



Fuente: Elaboración propia. Google Earth

7. CONCLUSIONES

El estudio de Línea Base Paleontológica permitió concluir que el trazado proyectado a lo largo de los puntos de monitoreo MA 0 al MA 20 se localiza sobre terrenos en donde predominan mayoritariamente depósitos aluviales, depósitos fluviales, depósitos eólicos así como también variados afloramientos de rocas intrusivas y en menor escala sedimentos marinos. Este dominio geológico determina ausencia total de componentes paleontológicos entre los puntos de Monitoreo MA 0 y MA 11. Entre puntos MA 12 y MA 13 se aprecian registros fósiles extremadamente fragmentarios correspondientes a areniscas y coquinas (acumulaciones de conchas) provenientes de niveles marinos de edad Cuaternario, pertenecientes a los Estratos de Caldera (Godoy *et al.*, 2003). El pobre estado de conservación que presenta la mayor parte de estos materiales fósiles limita su identificación taxonómica y disminuye en extremo su valor y significancia paleontológica. En los puntos MA 14 y MA 15 se registraron coquinas fósiles de edad Cuaternario y niveles inferiores altamente fosilíferos conteniendo registros significativos de invertebrados y vertebrados de la Formación Bahía Inglesa (Godoy *et al.*, 2003). Entre los puntos MA 16 y MA 20 el área prospectada comprende mayoritariamente rocas de carácter intrusivo y por tanto no se reconoció presencia de componente paleontológico.

8. RECOMENDACIONES

Considerando que los puntos de monitoreo MA 14 y MA 15 corresponden a intersecciones del trazado con afloramientos de rocas sedimentarias marinas de la Formación Bahía Inglesa (Mioceno-Plioceno) con presencia de abundante patrimonio paleontológico, se hace necesario prever medidas con la finalidad de evitar o disminuir eventuales impactos negativos sobre ese patrimonio y así dar cumplimiento a la Ley 17.288 de Monumentos Nacionales y normativas ambientales vigentes.

En este sentido es posible sugerir las siguientes alternativas:

Monitoreo Paleontológico

Frente a la imposibilidad de modificar el trazado del acueducto y considerando la sobreposición de este con puntos MA 14 y MA 15, será necesario implementar monitoreos paleontológicos durante los trabajos de construcción del acueducto en este tramo. Para

esto se deberá contar con la presencia de un grupo de especialistas en paleontología que deberá coordinar y supervisar los trabajos y movimientos de tierra entre los puntos MA 14 y MA 15 del trazado, el que reconocerá y georeferenciará los componentes paleontológicos descubiertos durante ese proceso, generando condiciones para un subsiguiente rescate paleontológico.

Rescate Paleontológico

El rescate paleontológico comprende la recuperación de componentes fósiles desde el terreno (o contexto estratigráfico original) debido a eventuales riesgos que atentan sobre los mismos pudiendo generar su destrucción o deterioro. Este procedimiento comprende la extracción sistemática de piezas fósiles, aplicando técnicas paleontológicas específicas sobre las mismas, para conseguir su estabilización física y asegurar su posterior derivación a una institución que vele por su protección y conservación. Para su ejecución se debe proceder según se indica en reglamento de excavaciones paleontológicas y Ley 17.288 de Monumentos Nacionales, contando con la autorización del Consejo de Monumentos Nacionales.

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, W. 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.

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., Lavenue, 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.
- Pérez, d'A., E. 1978, Biostratigrafía del Jurásico de Quebrada Asientos, norte de Potrerillos. Región de Atacama. Boletín n° 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 elasmobranchios del Mesozoico y Cenozoico de Chile, comentarios sobre su valor cronoestratigráfico In Congreso Geológico Chileno n° 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.
- 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 y coordenadas de monitoreo paleontológico indicando tipo de depósito de proveniencia y componentes patrimoniales reconocidos

Punto de Monitoreo	UTM Datum WGS 84		Tipo de Depósito	Componente Paleontológico
	E	N		
MA 0	369.169	6.956.644	Aluvial	-
MA 1	364.164	6.959.084	Aluvial	-
MA 2	362.950	6.958.835	Aluvial	-
MA 3	357.864	6.956.449	Aluvial	-
MA 4	354.062	6.955.387	Aluvial	-
MA 5	346.566	6.951.188	Aluvial	-
MA 6	341.155	6.956.097	Aluvial	-
MA 7	340.671	6.961.857	Aluvial	-
MA 8	337.443	6.967.215	Aluvial	-
MA 9	336.519	6.973.231	Fluvial-Eólico	-
MA 10	324.398	6.985.621	Eólico	-
MA 11	321.961	6.997.282	Sedimentario-Marino	Coquina con moluscos fósiles
MA 12	324.961	7.005.834	Eólico	-
MA 13	325.042	7.008.357	Eólico	-
MA 14	324.477	7.015.497	Sedimentario-Marino	Invertebrados y vertebrados marinos
MA 15	322.740	7.019.836	Sedimentario-Marino	Invertebrados y vertebrados marinos
MA 16	322.351	7.021.508	Intrusivo	-
MA 17	321.892	7.024.673	Aluvial	-
MA 18	321.657	7.025.837	Aluvial	-
MA 19	320.232	7.025.970	Intrusivo	-
MA 20	319.157	7.026.369	Intrusivo	-

Anexo 2: Fotografías

**Fotografía 1: Punto Monitoreo MA1, junto a concentraducto.
Depósitos aluviales inactivos (Edad Cuaternario)**



**Fotografía 2: Punto Monitoreo MA3, vista hacia el suroeste.
Se aprecian depósitos aluviales inactivos (Edad Cuaternario)**



**Fotografía 3: Punto Monitoreo MA 4, vista hacia Noroeste.
Cerro de la izquierda corresponde a rocas intrusivas de Sierra Atacama y camino a
depósitos aluviales (Cuaternario)**



Fotografía 4: Punto Monitoreo MA 5, hacia el Suroeste



Fotografía 5: Sector entre MA 5 y MA 6, vista Noroeste



Fotografía 6: Punto Monitoreo MA 6, vista hacia el Noreste



Fotografía 7: Punto Monitoreo MA 7, vista hacia el Noroeste



Fotografía 8: Punto Monitoreo MA 10, vista hacia el Oeste



Fotografía 9: Punto Monitoreo MA 10, vista hacia el sur mostrando conglomerados no fosilíferos de la Unidad Estratos de Agua Amarga



Fotografía 10: Punto Monitoreo MA 10 (hacia el norte) mostrando trazado de acueducto y afloramiento sedimentario marino de Edad Cuaternario



Fotografía 11: Vista de Punto Monitoreo MA 12 hacia el norte



Fotografía 12: Punto de Monitoreo MA 11 mostrando coquina con fragmentos de conchas de moluscos cuaternarios (Estratos de Caldera). Especímen corresponde al pectínido *Argopecten purpuratus*



Fotografía 13: Punto Monitoreo MA 12. Sustrato de camino corresponde a depósitos eólicos inactivos (Edad Cuaternario)



Fotografía 14: Punto Monitoreo MA 13, vista hacia el Norte. Las rocas oscuras al fondo corresponden a intrusivos del Plutón Relincho (Edad Jurásico)



Fotografía 15: Punto Monitoreo MA 14 mostrando diente fósil de tiburón *Cosmopolitodus hastalis* expuesto en superficie por erosión (Edad Mioceno)



Fotografía 16: Punto Monitoreo MA 14 con huesos fósiles de cetáceos y pectinidos de la especie *Chlamys calderensis* (Edad Mioceno)



Fotografía 17: Punto Monitoreo MA 15, vista hacia el Este. Se indican los niveles fosilíferos cuaternarios de coquina y areniscas suprayacentes a niveles de la Formación Bahía Inglesa



Fotografía 18: Punto Monitoreo MA 15. Nivel con abundantes fósiles del molusco fósil *Ostrea sp.* de edad Neógeno (Mioceno Superior) expuestos en la localidad por movimientos de tierra previos



Fotografía 19: Punto Monitoreo MA 15, con restos óseos de un cetáceo fósil indeterminado (vértebra fragmentada) acompañados de ostras fósiles



Fotografía 20: Punto Monitoreo MA 19, vista hacia el Norte del sector para localización de infraestructura principal de la Planta Desalinizadora



Fotografía 21: Punto Monitoreo MA 19, hacia Oeste, mostrando continuación del trazado marcado con tiza hacia punto MA 20. Se aprecia su emplazamiento sobre rocas intrusivas del Plutón Relincho



Fotografía 22: Punto Monitoreo MA 20 marcado con bandera roja, evidenciando absoluto dominio de rocas intrusivas no fosilíferas

