



LINEA BASE PALEONTOLOGIA Y EVALUACION

**“EVALUACIÓN DE AFECTACION
PALEONTOLÓGICA DE PROYECTO ALTO MAIPO SOBRE PARQUE ARENAS”**

**COMUNA DE SAN JOSE DE MAIPO
REGION METROPOLITANA**

Mario E. Suárez

Especialista en Paleontología

Santiago, 14 de enero de 2020

Contenido

1. Introducción	8
2. Objetivos.....	10
3. Antecedentes Generales.....	10
3.1 Marco Normativo.....	12
3.2 Marco Geológico y Paleontológico.....	13
4. Metodología	19
4.1 Área de estudio	19
4.2 Área de Influencia paleontológica.....	21
4.3 Trabajo de Gabinete	21
4.4 Trabajo de Terreno y confección de Informe	21
5. Resultados	22
5.1 Descripción del área	22
6. Conclusiones y recomendaciones.....	31
7. Bibliografía.....	41
8. Apéndice Fotografías.	47
Figura 1. Área de influencia del proyecto, Comuna de San José de Maipo.....	9
Figura 2. Imagen Google Earth con el área de estudio e influencia	19
Figura 3. Imagen Google Earth con el área de estudio e influencia Fuente: Elaboración propia (Modificado de Google Earth).....	20
Figura 4. Imagen Google Earth con el área de estudio e influencia Fuente: Elaboración propia (Modificado de Google Earth).....	20
Figura 5: Mapa geológico escala 1:25.000. Se observa área del proyecto y sus relaciones litológicas.	27
Figura 6: Mapa geológico escala 1:5.000. Se observa área del proyecto y sus relaciones litológicas.	28
Figura 7: Mapa geológico escala 1:5.000. Se observa área del proyecto y sus relaciones litológicas.	29
Figura 8: Mapa geológico escala 1:5.000. Se observa área del proyecto y sus relaciones litológicas.	30
Figura 9: Mapa geológico escala 1:25.000. Se observa área del proyecto con proyecciones de las Formaciones Geológicas existentes.....	40

Fotografía 1: Vista general del punto de monitoreo MP1 hacia el Sur. El mirador desde el cual se tomó la foto se emplaza sobre un relleno artificial que ha cubierto depósitos aluviales con grandes bloques con Potencial Fosilífero Alto de la Formación Río Damas y fragmentos de la Formación Lo Valdés (Baños Morales)	47
Fotografía 2: Vista en detalle del punto de monitoreo MP1 con bloque rodado conteniendo fósiles de ostreidos (<i>Gryphaea</i> sp.) de la Formación Lo Valdés.....	47
Fotografía 3: Vista general en punto de monitoreo MP2 localizado en el sector de almacenaje de Proyecto Alto Maipo. Se aprecia un cargador frontal realizando movimiento de materiales sobre plataforma artificial hecho con rellenos de rocas y material de las Formaciones fosilíferas Río Damas y Lo Valdés.....	48
Fotografía 4: Vista general del relieve original del terreno para entender como era antes de su intervención. La foto fue tomada desde el punto de monitoreo MP3, en la zona de almacenaje emplazada sobre potentes rellenos de origen antrópico formados por rocas removidas de Formación Río Damas. Se observa el letrero (señalética) de supuesta protección paleontológica comprometido en RCA en mal estado, sin cumplir su labor debido a que resulta muy difícil leer el letrero sin tener que acceder a la zona de protección.....	48
Fotografía 5: Vista en General del punto de monitoreo MP4, se reconocen estratos de Formación Río Damas, con estructuras geológicas (Grietas de desecación)	49
Fotografía 6: Vista de fósil alóctono (ammonoideo) en punto de monitoreo MP5, el cual se compone de rellenos antrópicos proveniente de Formación Lo Valdés.....	49
Fotografía 7: Vista general del punto de monitoreo MP5 mostrando enorme roca perteneciente a Formación Río Damas donde se aprecian hermosas estructuras geológicas consistentes en grietas de desecación). Se aprecia al fondo el área de plataforma de la planta de cemento formada por un gigantescop acopio de rocas fosilíferas removidas de la Formación Lo Valdés.....	50
Fotografía 8: Vista general en punto de monitoreo MP6 donde se observan instalaciones de la planta de cemento de Alto Maipo emplazadas sobre potentes espesores de rellenos de rocas sedimentarias más de 8 metros con potencial fosilífero formaciones de Lo Valdés y Río Damas.	50
Fotografía 9: Vista en general desde punto de monitoreo MP7 hacia el noreste donde se observan rocas de Formación Río Damas cubiertas por rellenos formados por rocas de la Formación Lo Valdés.....	51
Fotografía 10: Vista en general en punto de monitoreo MP8. Se observan rocas de Formación Río Damas, cubiertas por rellenos de rocas sedimentarias fosilíferas de la Formación Lo Valdés.	51
Fotografía 11: Vista en general en punto de monitoreo MP9. Se observan rocas de Formación Río Damas.	52
Fotografía 12: Vista en general en punto de monitoreo MP10, se observa plataforma artificial de origen antrópico, sobre unidades pertenecientes a Formación Río Damas.....	52
Fotografía 13: Vista general del punto de monitoreo MP10 emplazado sobre plataforma artificial con rocas sedimentarias fosilíferas de las formaciones Lo Valdés y Río Damas para sostener línea de tubería. Se observa letrero de supuesta protección patrimonial el cual es ilegible y no cumple su función. Esta área no figura dentro de las intervenciones formales de	

Alto Maipo y representa un impacto importante sobre el patrimonio paleontológico al afectar a la Formación fosilífera Río Damas cubriéndola con rellenos.....	53
Fotografía 14: Vista general del punto de monitoreo MP11, se observa una planicie natural con rocas pertenecientes a Formación Río Damas en el fondo del valle. Las rocas de la plataforma de relleno artificial sobre la cual se localiza este mirador de MP11 corresponden a fragmentos de roca provenientes de marinas con rocas de Formación Lo Valdés y también bloques de la Formación Río Damas. Estos rellenos cubren la superficie originaria del terreno, tanto las formaciones de roca como el suelo vegetal,.....	53
Fotografía 15: Vista en general hacia el Oeste con vista general de punto de monitoreo MP11 sobre rocas pertenecientes a Formación Río Damas.	54
Fotografía 16: Vista en general hacia el Oeste en punto de monitoreo MP12 mostrando enorme plataforma artificial de origen antrópico posicionada sobre rocas pertenecientes a Formación Río Damas y conformada por las mismas rocas quebradas formando un terraplén artificial. .	54
Fotografía 17: Vista general en punto de monitoreo MP12, rocas correspondientes a Formación Río Damas.	55
Fotografía 18: Vista general del punto de monitoreo MP13 sobre el cual se habilitará una tubería de Alto Maipo. Se observan evidentes intervenciones sobre rocas sedimentarias fosilíferas con estructuras sedimentarias de Formación Río Damas y la existencia de un enorme relleno de rocas sedimentarias fosilíferas como plataforma para la infraestructura proyectada.	55
Fotografía 19: Vista general en punto de monitoreo MP14, lugar afectado inclusive con letrero de área de protección patrimonial. Se observan impactos evidentes sobre los bloques de roca de la Formación Río Damas con estructuras geológicas y un letrero de señalética con su contenido informativo de precauciones apenas visible.....	56
Fotografía 20: Vista general del punto de monitoreo MP15, se observan rocas sedimentarias fosilíferas pertenecientes a Formación Río Damas impactadas por obras de proyecto Alto Maipo.	56
Fotografía 21: Vista en detalle de fragmento de bloque sedimentario de la Formación Río Damas evidenciando grieta de desecación afectada por el proyecto Alto Maipo en punto de monitoreo MP15.	57
Fotografía 22: Vista en detalle de roca conteniendo impresiones de gotas de lluvia afectada por el proyecto Alto Maipo en punto de monitoreo MP16. Se localizan en acopio de rocas sedimentarias que conforma la plataforma para habilitación de canal.....	57
Fotografía 23: Vista general en punto de monitoreo MP17 con presencia de abundantes rocas fosilíferas de la formación Río Damas. Se aprecia delimitación de sector paleontológico con cerco de protección patrimonial en mal estado y zona de infraestructuras de Desarenador. ..	58
Fotografía 24: Vista en general de rocas pertenecientes a Formación Río Damas, en MP18. En sector cercano al desarenador.	58
Fotografía 25: Vista en detalle de rocas de la formación Río Damas con impresiones de gotas de lluvia en punto de monitoreo MP18.	59
Fotografía 26: Vista en detalle de rocas sedimentarias fosilíferas perteneciente a Formación Río Damas (Miembro Punta Zanzi) en punto MP19. En este sector se detectó la existencia de varios paneles de roca conteniendo abundantes bioturbaciones y trazas fósiles asignables a	

pequeños vertebrados terrestres tales como reptiles y mamíferos. Estas rastrilladas fósiles de vertebrados son únicas en su tipo en Chile y Sudamérica y representan un hallazgo paleontológico de gran relevancia científica y patrimonial.	60
Fotografía 27: Vista en general en punto MP20, se observa la construcción del desarenador del proyecto Alto Maipo, el cual se encuentra directamente sobre rocas fosilíferas de la Formación Río Damas. En algunos sectores el espesor de relleno con rocas sedimentarias de la plataforma alcanza aproximadamente 10 metros de altura.	61
Fotografía 28: Vista general (Suroeste) del punto de monitoreo MP21, localizado aproximadamente a 50 metros hacia el oeste del Desarenador. Se observan infraestructuras camino al desarenador sobre plataformas antrópicas. El punto de la fotografía se afectó con rellenos y no aparece registrado como intervención formal de Alto Maipo.....	61
Fotografía 29: Vista en detalle de roca sedimentaria fosilífera de la Formación Río Damas en punto de monitoreo MP21. Esta evidencia impactos evidentes por explosivos utilizados por el proyecto Alto Maipo.	62
Fotografía 30: Vista en general del punto de monitoreo MP22 y bloque sedimentario de la Formación Río Damas conteniendo posibles icnitas de un representante de Dinosauria de gran tamaño(Moreno 2007).con posibles icnitas y estructuras sedimentarias (ondulitas).Se aprecian además abundantes estructuras sedimentarias representadas por ondulitas y en corte algunas grietas de desecación.	62
Fotografía 31: Vista en detalle del punto de monitoreo MP22 con bloque sedimentario de la Formación Río Damas conteniendo posibles icnitas de un representante de Dinosauria de gran tamaño (Moreno 2007).	63
Fotografía 32: Vista en detalle rastrillada con icnitas de reptilia indet. en punto de monitoreo MP23.	63
Fotografía 33: Vista en detalle de fósil alóctono (ammonoideo), proveniente de marinas de Formación Lo Valdés (Baños Morales) en punto de monitoreo MP24.....	64
Fotografía 34: Vista general del desarenador en punto de monitoreo MP25, se observan caminos realizados con rocas de Formación Lo Valdés.....	64
Fotografía 35: Vista general en punto de monitoreo MP26, se observan obras del Proyecto Alto Maipo sobre rocas de la Formación Río Damas.	65
Fotografía 36: Vista general en punto de monitoreo MP27 donde se observan rocas rodadas y in situ de la Formación Río Damas (Miembro Catedral) conteniendo abundantes grietas de desecación.....	65
Fotografía 37: Vista en general en punto de monitoreo MP28 con camino de servidumbre donde se observan depósitos aluviales (Qa) conteniendo grandes bloques de roca provenientes de Formación Río Damas cuyos afloramientos se aprecian localizados hacia el fondo de la foto.	66
Fotografía 38: Vista de roca perteneciente a Formación Río Damas la cual se encuentra muy alterada y dañada en punto de monitoreo MP28 correspondiente a terraplén de camino de servidumbre construido con rocas sedimentarias fosilíferas de la misma unidad geológica. ..	66
Fotografía 39: Vista general en punto de monitoreo MP29, corresponde a rocas con estructuras geológicas (grietas de desecación y ondulitas), pertenecientes a Formación Río Damas. Se	

observan evidentes impactos importante de los afloramientos de esa unidad en camino no registrado por Alto Maipo.....	67
Fotografía 40: Vista general del punto de monitoreo MP30, corresponde a rocas estratificadas con potencial fosilífero Alto, pertenecientes a Formación Río Damas, estas poseen gran cantidad de estructuras geológicas como grietas de desecación y ondulitas.....	67
Fotografía 41: Vista general de rocas pertenecientes a Formación Río Damas en MP30, se observan estructuras geológicas (ondulitas y cuarteos poligonales) cercanas a camino se servidumbre.....	68
Fotografía 42: Vista general del punto de monitoreo MP31, se observa el impacto realizado sobre las rocas pertenecientes a Formación Río Damas. Salpicaduras de cemento con fibra de vidrio (Chokre) para la habilitación del camino de servidumbre por el Proyecto Alto Maipo, estas poseen estructuras geológicas (ondulitas).....	68
Fotografía 43: Vista de gran bloque de roca sedimentaria conteniendo ondulitas en punto de monitoreo MP31. Se aprecia salpicaduras de cemento con fibra de vidrio (Chokre) a gran distancia del camino de servidumbre (entre 3 a 7 metros de distancia del mismo).....	69
Fotografía 44: Vista general del punto de monitoreo MP32 donde se observan rocas estratificadas de Formación Río Damas, estas presentan estratificación cruzada y grietas de desecación. Se encuentran afectadas por salpicaduras de cemento con fibra de vidrio (Chokre).	69
Fotografía 45: Vista en general en punto de monitoreo MP32 afectado parcialmente por salpicaduras de cemento con fibra a casi 10 mts. del camino de servidumbre habilitado.	70
Fotografía 46: Vista general de punto de monitoreo MP33 en camino de servidumbre. Se observa el depósito de origen antrópico cubriendo rocas de potencial fosilífero Alto de la Formación Río Damas.....	70
Fotografía 47: Vista en general de punto de monitoreo MP34 mostrando afectación de buffer de camino de servidumbre entre Planta de Cemento y área de desarenador mostrando rocas con potencial fosilífero Alto pertenecientes a Formación Río Damas las cuales han sido completamente cubiertas con cemento y fibra de vidrio (Chokre) dañando irreversiblemente sus estructuras sedimentarias.	71
Fotografía 48: Vista en detalle del punto de monitoreo MP34 al borde de camino de servidumbre, se observa que las rocas originales con estructuras sedimentarias significativas han sido totalmente cubiertas con capas de cemento y fibra.....	71
Fotografía 49: Vista general de afectación de rocas pertenecientes a Formación Río Damas por causa de revestimiento artificial de cemento con fibra de vidrio (Chokre) en punto de monitoreo MP35, afectando de manera significativa esas rocas con potencial fosilífero alto.....	72
Fotografía 50: Vista en general de afectación de rocas pertenecientes a Formación Río Damas debido a recubrimiento de cemento con fibra de vidrio (Chokre) en punto de monitoreo MP36.	72
Fotografía 51: Vista general de punto de monitoreo MP37 con presencia de rocas sedimentarias fosilíferas de las formaciones Lo Valdes y Río Damas. Estas son utilizadas como relleno para plataformas de caminos de servidumbre de Alto Maipo.....	73
Fotografía 52: Vista de punto de monitoreo MP37 donde se observa fósil de ammonoideo alóctono proveniente de afloramientos aledaños de la formación Lo Valdés. Este fósil forma	

parte del relleno utilizado para la plataforma de caminos de servidumbre del proyecto Alto Maipo.	73
Fotografía 53: Vista en general en punto de monitoreo MP38 mostrando caminos de servidumbre hechos con rellenos compuestos por rocas fosilíferas provenientes de la Formación Lo Valdés.	74
Fotografía 54: Vista en detalle del punto de monitoreo MP38 evidenciando un fósil rodado de <i>Trigonia</i> sp. de la Formación Lo Valdés. Los rodados que constituyen los cimientos de los caminos de servidumbre, estos contienen abundantes fósiles de invertebrados provenientes de las marinas recuperadas desde la excavación del túnel.	74
Fotografía 55: Vista en general en punto de monitoreo MP39, se observa el material utilizado para la elaboración de caminos de servidumbre corresponde a rocas de Formación Lo Valdés con un potencial fosilífero Alto.	75
Fotografía 56: Vista punto de monitoreo MP40, se observa roca perteneciente a Formación	75

1. Introducción

Este informe recoge los resultados de la inspección y caracterización del componente de patrimonio natural paleontológico realizados en el inmueble de propiedad de Parque Arenas SpA. Parque Arenas SpA adquirió el inmueble objeto de la Servidumbre consta en escritura pública de fecha 12 de febrero de 2019 otorgada en .

Dentro del Parque Las Arenas se desarrolla parte del proyecto Alto Maipo en virtud del contrato de servidumbre celebrado con fecha 3 de diciembre de 2012 ("proyecto Alto Maipo").

Este informe analiza y evalúa los impactos del proyecto Alto Maipo sobre el Parque Las Arenas considerando la afectación sobre componentes fósiles según normativas de la Ley 17.288 de Monumentos Nacionales. Tanto el Parque Las Arenas como el proyecto Alto Maipo se sitúan en la comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana (ver Figura -1).

El presente informe tiene como objetivo aportar información acerca del contexto paleontológico del área de influencia del proyecto Alto Maipo.

La línea de base paleontológica y evaluación se desarrolló sobre la base de una revisión bibliográfica y trabajo de terreno consistentes en una prospección paleontológica visual de carácter superficial para determinar presencia o ausencia de componentes paleontológicos dentro del área de influencia del proyecto.

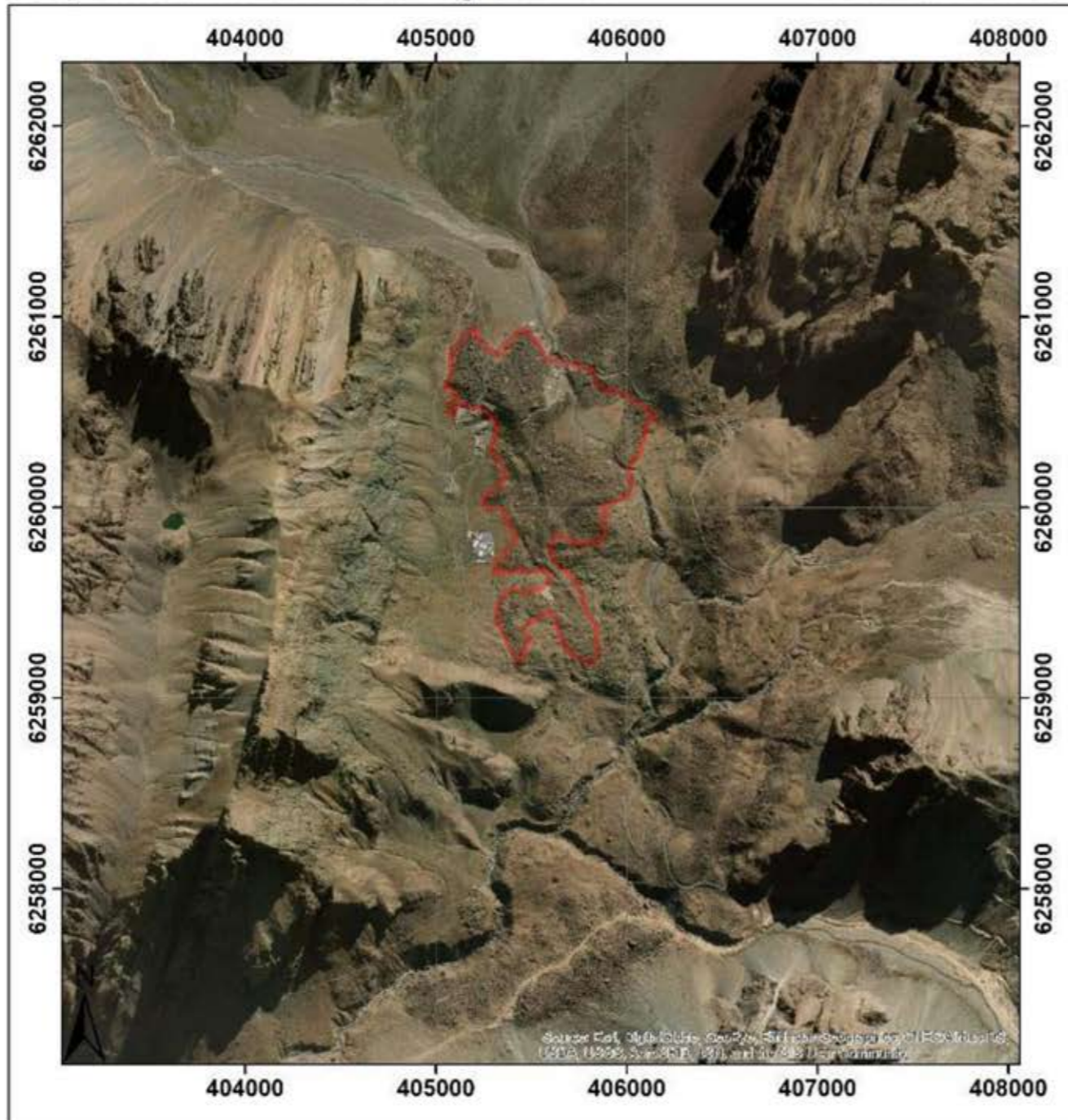
Los trabajos de prospección paleontológica fueron realizados durante el mes de diciembre de 2019 y enero de 2020. Los resultados del análisis bibliográfico y del trabajo de terreno se describen a continuación.

Figura 1. Área de influencia del proyecto, Comuna de San José de Maipo

Mapa modificado de Google Earth

Escala 1:25.000

Leyenda



Área de estudio



Fuente: Elaboración propia

2. Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- a) Identificar y caracterizar áreas y/o componentes de importancia patrimonial paleontológica dentro del área de influencia del proyecto Parque Arenas.
- b) Identificar el componente fósil presente en el área de influencia.
- c) Evaluar el potencial fosilífero del área de influencia paleontológica.
- d) Evaluar el estado y potencial afección del componente patrimonial paleontológico del proyecto parque en relación con los impactos generados por Alto Maipo dentro del área del proyecto Parque Arenas.

3. Antecedentes Generales

Para efectos de este trabajo el término “fósil” será considerado como cualquier evidencia de vida del pasado geológico, previo al Holoceno, que presente una estructura orgánica o biológica (vegetales, invertebrados, vertebrados, pisadas o rastros)¹.

La fosilización se produce debido a una conjunción de fenómenos mediante los cuales un organismo, una parte de él, sus huellas o los productos de su metabolismo, pasan a formar parte del registro fósil. Es decir, el proceso abarca desde la muerte del organismo hasta el hallazgo de sus restos en alguna formación geológica.

Los diferentes tipos de fósiles que se encuentran en las rocas pueden tener un estado de preservación más o menos elevada (restos de organismos), o bien, pueden consistir en indicios de alguna estructura o actividad biológica (evidencias de organismos; trazas o huellas fósiles). Una preservación apropiada depende de factores como la naturaleza del organismo (con o sin partes duras o esqueléticas), su modo de vida, el ambiente donde quedan sus restos, las condiciones del enterramiento y los procesos de reemplazo de materiales de origen biológico por sustancias inorgánicas².

La etapa más relevante en el proceso de fosilización es la que ocurre luego del enterramiento final de los restos biológicos, a partir de lo cual ocurren transformaciones profundas en la composición y estructura orgánica original, debido a un proceso fisicoquímico conocido como diagénesis (proceso de formación de una roca a partir de sedimentos sueltos que se compactan)³.

La disciplina que estudia los organismos extintos que se conservan en las rocas bajo la forma de fósiles es la paleontología, ligada tanto a la biología como a la geología. A través de los estudios paleontológicos, se pueden reconstruir las características morfológicas y fisiológicas

¹ Referencia www.sernageomin.cl/Museo_Geologico

² *Ibíd.*

³ *Ibíd.*

de los organismos del pasado, sus modos de vida, su desarrollo y sus relaciones bio-cronoestratigráficas (edades relativas) y de parentesco (filogenia; evolución)⁴.

El análisis de los fósiles permite certificar la existencia de vida en el pasado geológico, explicando la diversidad y distribución geográfica de los organismos actuales; obtener información de paleo hábitat y de cambios ambientales y geográficos. A través de los denominados "fósiles guía" es posible también obtener la edad relativa de las rocas y el orden de sucesión de los estratos sedimentarios⁵.

Dada la importancia científica para la reconstrucción de la historia natural de la Tierra, se considera que algunos fósiles y su contexto tienen valor patrimonial.

⁴ *Ibíd.*

⁵ *Ibíd.*

3.1 Marco Normativo

Las normas chilenas relacionadas directamente con la protección del patrimonio paleontológico son la Ley N° 17.288 sobre Monumentos Nacionales (1970) y su Reglamento sobre Excavaciones y/o Prospecciones Arqueológicas, Antropológicas y Paleontológicas (D.S. N° 484 de 1990), ambas del Ministerio de Educación.

El artículo 1º de la Ley 17.288 define el universo de los bienes susceptibles de ser o estar protegidos bajo alguna categoría de Monumento Nacional: *"Son monumentos nacionales y quedan bajo tuición y protección del Estado (...) las piezas u objetos (...) paleontológicos o de formación natural, que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales y cuya conservación interesa a la historia, al arte o la ciencia (...). Su tuición y protección se ejercerá por medio del Consejo de Monumentos Nacionales, en la forma que determina la presente Ley."*

El Título V del mismo cuerpo legal (*"De los Monumentos Arqueológicos, de las Excavaciones e Investigaciones Científicas Correspondientes"*), en su artículo 21, en forma específica define lo que se entiende por Monumento Arqueológico, agregando que éstos tienen la calidad de Monumento Nacional por el solo ministerio de la ley. El mismo artículo define que este tipo de monumento es de propiedad del Estado. Por otra parte, su inciso segundo agrega que *"Para los efectos de la presente ley quedan comprendidas también las piezas paleontológicas y los lugares donde se hallaren."*

Los artículos 22 y 23 de la Ley 17.288 indican que para realizar excavaciones de carácter paleontológico se requiere permiso previo del Consejo de Monumentos Nacionales según los procedimientos que define el D.S. N° 484 de 1990; en tanto que el artículo 26 de la Ley obliga la denuncia de hallazgos de carácter paleontológico que se produzcan en el marco de cualquier tipo de excavación.

Entre otras materias, el D.S. N° 484 de 1990 define los procedimientos que se deben seguir para la realización de prospecciones y/o excavaciones paleontológicas.

3.2 Marco Geológico y Paleontológico

El marco geológico correspondiente al área de influencia del proyecto fue evaluado según Calderón (2008), Nuñez (2018) y Mapa Geológico de Chile 1: 1.000.000 (Sernageomin 2003). Desde el punto de vista geográfico el área de estudio se vincula directamente con las unidades geológicas de carácter sedimentario Formación Río Damas (Jurásico), Formación Lo Valdés (Jurásico-Cretácico), Depositos Aluviales (Pleistoceno-Holoceno). A una mayor distancia del área del proyecto (1kilómetro al Oeste) es posible reconocer la Formación Abanico (Cenozoico) y aproximadamente 3 kilómetros al Sureste del proyecto se encuentra la (Formación Río Colina de edad Jurásico). Estas unidades litológicas se describen a continuación:

Formación Río Colina (Jrc): Formación definida por González (1963), corresponde a una secuencia sedimentarias de origen marino, conformada por calizas y lutitas calcáreas oscuras, lutitas fisibles de estratificación fina, areniscas y conglomerados finos. Posee intercalaciones de rocas volcánicas andesíticas. Esta unidad se encuentra intruída por diapiros de yeso (Thiele, 1980; Álvarez et al., 1997). Esta secuencia aflora en Yeguas Muertas y en Nieves Negras, cerca de la frontera con Argentina y se encuentra en aparente concordancia con la Formación Nieves Negras. Esta Formación aflora hacia el este de la Cordillera. Su techo es concordante con la Formación Río Damas.

Formación Río Damas (Jrd): Unidad definida por Klohn (1960), corresponde a una secuencia continental con un espesor de 3.700 m. de coloración rojiza, compuesta principalmente por brechas con clastos volcánicos, con intercalaciones de areniscas, limolitas y lavas andesíticas, estas últimas en los 1.000 m. superiores (Charrier *et al.*, 1996). Existen registros de paleoicnitas atribuidas a Sauropoda y Reptiles (Thiele y Gutstein, 2009; Moreno 2007; Harris y Lacovara 2004; Stanford *et al.*, 2018) y su localidad tipo se encuentra en el Río Damas, constituida sobre el curso superior del Río Tinguiririca en la Región de Colchagua. Según Klohn (1960), esta unidad es concordante sobre el miembro superior de la Formación Nacientes del Teno. Según González (1963) esta unidad se encuentra en la misma condición sobre la Formación Río Colina. Formación Río Damas subyace de manera concordante a Formación Lo Valdés (González, 1963; Calderón *et al.*, 2009). Esta unidad ha sido asignada con una edad Kimmeridgiano por infrayacer a las capas marinas del Titoniano de la Formación Lo Valdés (Thiele, 1980). De igual manera existen dataciones radiométricas U-Pb LA-ICP-MS en circones detríticos correspondientes al techo de esta unidad lo que extendería su edad al Titoniano tardío (Rossel *et al.*, 2014). Según Calderon (2008) esta unidad se divide en tres miembros detallados a continuación (Figura 3 y 4):

Miembro Cerro Aguja Escondida: Las rocas pertenecientes a esta unidad afloran en el este de la zona de estudio (Figura 3), este miembro corresponde a una secuencia volcánica y volcanoclástica de carácter continental, con gradación normal de facies sedimentarias. Existen evidencias de retrabajo de los depósitos más antiguos dentro de la misma secuencia (clastos volcánicos de iguales características a las lavas basales en rocas sedimentarias sobreyacentes).

De base a techo la secuencia de depósito es la siguiente:

Areniscas masivas de grano medio a fino, principalmente con clastos cristalinos con composiciones líticas lo que corresponde a un cambio de color de verde pálido a pardo rojizo. Estas areniscas pobremente preservadas, se encuentran en gran parte erosionadas y sobreyacen en contacto por falla al Yeso. Su continuidad lateral se estima menor a 100m (Calderon, 2008) y se compone de formas lenticulares intercaladas entre las lavas más basales de este miembro. Las coladas de lava corresponden a un ambiente continental, de textura porfídica y amigdaloidal con masa afanítica. El espesor máximo de estas lavas es de 500m. El color es pardo rojizo a morado oscuro, con sectores de mayor permeabilidad una característica corresponde a manchones de epidota. Sus fenocristales de plagioclasa son de tamaños variados 4, 2, 1 y >1 cm. (textura heterométrica). Se logró distinguir por lo menos 5 coladas, mostrando diferencias en la textura amigdaloidal entre el techo y la base de otra colada, exhibiendo zonas amigdaloidales esféricas en su mayoría, pasando a zonas de alteración de pocos milímetros a centímetros, seguidas de zonas amigdaloidales, presuntamente estiradas durante el depósito por cizalle contra la base (Calderon, 2008). Hacia el techo de la unidad las lavas se brechidizan y se observan conteniendo grandes clastos de hasta 30 cm. Calderón ha sugerido una relación genética entre las lavas más basales y las autobrechas al observar que la matriz es volcánica y similar a la masa fundamental.

Miembro Cerro Catedral: Esta unidad aflora principalmente en el borde occidental del Cerro Catedral, entre la Quebrada Las Placas y el Estero Colina. Las rocas asociadas al miembro Cerro Catedral son mayoritariamente sedimentarias, de ambiente continental y evidencian facies aluviales y fluviales. Su color es pardo rojizo y amarillo. En este miembro se reconoce la gran mayoría de las estructuras sedimentarias que permiten definir la polaridad de los estratos y ha sido separada en las siguientes unidades:

Unidad Sedimentaria Inferior: Esta unidad se presenta en concordancia con las autobrechas del techo del Miembro Cerro Aguja Escondida. Corresponden a brechas conglomerádicas y a conglomerados de espesor variable, intercalados por una secuencia de areniscas feldespaticolíticas y litoarenitas de 40cm de espesor, en contacto entre ellas, con niveles tobáceos arginales en la base. Los conglomerados presentan numerosos lentes arcósicos con gradación interna normal, de color pardo-amarillo de ancho métrico. Esta secuencia de areniscas se ve interrumpida por paleocanales asociados con la migración lateral de esteros. En cuanto a los conglomerados estos disminuyen su espesor hacia el techo, haciéndose cada vez más clastosoportados y con mayor presencia de epidota en su matriz. En esta unidad es posible encontrar niveles de fangolita en forma de ondulitas de oleaje y laminación milimétrica en los estratos de areniscas (Calderón *et al.*, 2009).

Unidad Sedimentaria Media: Esta unidad composicionalmente es igual a la anterior, sin embargo, la razón de conglomerados a areniscas disminuye notablemente, siendo los estratos de areniscas la litología predominante. Los conglomerados disminuyen hasta tener un espesor de un metro. Estos conglomerados muestran pulsos de aumento de espesor y angulosidad de

sus clastos configurando ciclos de depósito proximal a distal. Por su parte las areniscas de esta unidad muestran espesores esencialmente iguales a los de las areniscas de la unidad inferior pero su laminación interna cambia de paralela planar a laminación cruzada. Esto ha sido interpretado como cambios en los niveles de energía, donde la laminación paralela es el nivel energético mayor y la laminación cruzada corresponde a flujos con menor energía de transporte (Calderon, 2008). Las areniscas de grano grueso, con material volcánico lítico y olivinos han sido interpretadas como areniscas de escaso transporte. Algunos de los conglomerados se presentan con buena selección, redondez e imbricación mientras que en otros casos aparecen brechas sedimentarias entre niveles de areniscas con laminación cruzada. La epidotización (Formación de epidota) disminuye hacia el techo de esta unidad, además en donde se cominzan a observar las primeras capas de fangolita con grietas de desecación. Se observa un clivaje desarrollado preferentemente en los estratos más finos de arenisca. Las dos unidades anteriores se ven intruidas por diques microdioríticos félsicos afaníticos de color verdoso.

Unidad Sedimentaria Superior: Unidad expuesta al oriente del cerro Punta Zanzi. Esta se caracteriza por el aumento de fangolitas con grietas de desecación respecto a la presencia de conglomerados brechozos y areniscas líticas con laminación cruzada. Su color es intensamente pardo-rojizo, su textura está definida por la mayor cantidad de estratos menos competentes (fangolitas), erosionados diferencialmente, entre los estratos de arenisca y conglomerado. El espesor de las fangolitas varía entre los 15 a 20 cm, lo cual requiere de un depósito considerable de material fino para su posterior compactación. Así mismo, la extensión lateral de las grietas de desecación es de aproximadamente quinientos metros (Calderon 2008). Los estratos de conglomerados sólo tienen un espesor centimétrico, las areniscas mantienen su espesor decimétrico, pero incluyen en su depósito lentes conglomerádicos con gradación interna normal, clastosoportados (clastos menores a 10 cm) y polimícticos. Esta última característica es variable en la estratigrafía total de la secuencia: de base son monomícticos con muchos clastos similares a las rocas volcánicas basales, mientras que hacia el techo de esta unidad se hacen polimícticos con clastos volcánicos. Estos depósitos son interpretados como generados en zonas distales de abanicos aluviales con influencia de esteros de alta energía.

Miembro Punta Zanzi: La coloración del Miembro Punta Zanzi es verde pálida y el aspecto macizo de la base de este miembro son características de un cambio importante dentro de la secuencia mesozoica, junto al aumento en el tamaño de los clastos que componen los estratos más gruesos. Los afloramientos se pueden apreciar entre la Quebrada de las Placas y el Cerro Arena, en la ladera oriental del Cerro Ruhillas y en la Punta Zanzi. Dentro de este miembro se observan variaciones composicionales de los sedimentos según el color que muestran los estratos, de verde pálido a pardo rojizo. Este cambio también obedece a la mayor participación de sedimentos finos fangolíticos y arenosos de composición similar a los estratos del miembro anterior, así como al registro de un ambiente transicional entre continental a marino. Entre miembro Punta Zanzi y miembro Catedral se presume una paraconformidad debido al cambio litológico, cambio del material aportado y el cambio de facies de charcos fangolíticos a zonas de flujos de barro y detritos. De base a techo la estratificación se describe como sigue:

Conglomerados verdes de matriz soportadas: Estos bloques subredondeados a redondeados de baja esfericidad, la matriz tamaño arena media a gruesa, de 4 metros de espesor y disminuyendo hacia el techo, con intercalaciones de areniscas con laminación paralela y cruzada, con niveles fangolíticos y ondulitas de oleaje.

Areniscas verdes a pardo rojizas: Estas son laminadas con intercalaciones de conglomerados poseen lentes de feldsilitoarenitas, con intercalaciones de fangolitas las cuales poseen grietas de desecación. Hacia el techo, las fangolitas son más abundante, sin embargo, la presencia de areniscas es la más evidente por su mayor competencia.

Las areniscas se hacen cada vez más ricas en carbonatos, comenzando como cemento hasta incluirse como clastos y matriz, pasando de areniscas calcáreas a ruditas calcáreas. Hacia el techo de este miembro se han registrado restos fósiles de equinodermos (placas) y también oolitos en rocas clásticas con material calcáreo (Calderon 2008), que indican influencia de ambiente costero. Los estratos del techo de este miembro fueron reasignados a la Formación Lo Valdés, descrita por Hallam *et al.*, 1986).

Formación Lo Valdés (JClv): Definida por González (1963) esta corresponde a la secuencia representada por calizas, areniscas de grano medio a grueso, margas y lutitas bituminosas. Biró (1964), divide la unidad en tres miembros; con predominancia volcánica (miembro spilita, en la base), siliciclástica (miembro arenisco) y calcárea (miembro calcáreo, en el techo). Luego, Biró (1980) segmenta la formación en ocho zonas, de acuerdo a características litológicas y contenido faunístico, principalmente referido a ammonites. Salazar (2012) dividió la secuencia en dos: Formación Catedral (compuesta mayoritariamente por lavas) y Formación Lo Valdés (miembros Arenisca, Lutita y Caliza). Recientemente, Salazar & Stinnesbeck (2015) propusieron una redefinición de la Formación lo Valdes separándola en dos unidades que fueron nominadas respectivamente Formación Baños Morales (miembros La Cuesta y Placa Verde) y Formación Lo Valdés (miembros Escalador, Placa Roja <y Cantera). Originalmente a la Formación Lo Valdes se le había asignado un espesor de 1.300 m (Hallam *et al.*, 1986) sin embargo Salazar & Stinnesbeck (2015) indicaron un espesor de 760 m a la Formación Baños Morales y 539 m a la Formación Lo Valdés. Su localidad tipo se sitúa en el valle del Río Volcán, tributario del Río Maipo, 70 km al SE de Santiago (Hallam *et al.*, 1986).

Esta unidad aflora en una potente franja con rumbo N10°E y manteo de 80°W, cortando en forma casi perpendicular al valle del Río Volcán en las vecindades de Lo Valdés, cubriendo el cerro del mismo nombre al sur y extendiéndose hacia el norte, entre las puntas Refugio y Ventana (González, 1963).

Según González (1963) la Formación Lo Valdés se superponía concordantemente a los conglomerados y areniscas continentales de la Formación Río Damas, sin embargo recientemente Salazar y Stinnesbeck (2015) propusieron que esa unidad yace concordantemente sobre la nueva Formación Baños Morales. Además, esta unidad infrayacería

en la misma condición a las lutitas, areniscas y conglomerados rojizos de la Formación Colimapu (González, 1963). Según Salazar (2012) los sedimentos de la Formación Lo Valdés representan una mezcla de ambientes marinos clásticos y carbonatados, con facies de *shoreface* (inferior y superior) y zona de transición y *offshore*. El *shoreface* inferior se caracteriza por areniscas calcáreas y calizas arenosas, con presencia de trigonoideos, ostras, inocerámidos y niveles restringidos de corales, mientras que en el *shoreface* superior predominan los conglomerados con ausencia de fósiles. Las facies de la zona de transición corresponden a lutitas, lutitas calcáreas y calizas limosas, las cuales son ricas en carbono orgánico y pirita diseminada. El *offshore* está representado por calizas limosas, calizas arenosas, calizas (wackestone) y ocasionalmente niveles de lutitas calcáreas. Se asigna una edad Titoniano-Hauteriviano a la formación en base a su contenido en ammonites (Biró, 1964, 1980; Hallam *et al.*, 1986), rango que fue ajustado al Titoniano superior Hauteriviano superior (Salazar, 2012; Salazar & Stinnesbeck, 2015); acotando a la nueva Formación Baños Morales al Titoniano inferior-medio (Salazar & Stinnesbeck, 2015). Esta Formación se puede correlacionar con la Formación Baños del Flaco (Klohn, 1960) de edad Titoniano superior-Hauteriviano, que aflora en el valle del Río Tinguiririca. Además, la parte basal del Miembro Caliza (Salazar, 2012) es equivalente a la Formación San José (Aguirre, 1960) de edad Valanginiano y aflorante en el cajón de San José, tributario del Río Juncal. Hacia el lado argentino se correlaciona con el Grupo Mendoza y las formaciones Vaca Muerta, Mulichinco y Agrio (Hallam *et al.*, 1986; Kietzmann & Vennari, 2013; Kietzmann *et al.*, 2014).

Formación Baños Morales: Unidad redefinida por Salazar & Stinnesbeck (2015). Consiste en una secuencia predominantemente volcánica formada por andesitas porfídicas con cuatro intercalaciones sedimentarias de espesores métricos formadas por rocas calcáreas y siliciclásticas de grano medio a grueso. Esta nueva unidad alcanza una potencia total de 760 m y se encuentra dividida en dos miembros: La Cuesta y Placa Verde. Su localidad tipo se ubica al sur del poblado de Baños Morales, al sur del valle del Río Volcán. La Formación Baños Morales sobreyace a la Formación Río Damas en concordancia, y subyace a la Formación Lo Valdés en la misma condición. Los ammonites y el resto de fauna fósil proveniente de los niveles sedimentarios intercalados en las secuencias de rocas andesíticas indican una edad Titoniano inferior a medio para la Formación Baños Morales.

Formación Colimapu (Kc): Unidad definida por Klohn (1960). Corresponde a una secuencia continental de areniscas y lutitas rojizas, conglomerados de matriz arenosa e intercalaciones de tobas, lavas andesíticas y calizas discontinuas. Posee una potencia estimada de 2000m (Thiele, 1980), con una edad mínima de Albiano y edad máxima Hauteriviano, definida por carófitas fósiles (Martínez y Osorio, 1963). Sobre ella se encuentra en discordancia la Formación Abanico (Martínez y Osorio, 1963; Thiele, 1980; Charrier *et al.*, 1996, 2002). La Formación Colimapu se correlaciona con Formación Cristo Redentor en el valle del Río Aconcagua (Aguirre, 1960) y con las Formaciones Diamante y Huitrín en Argentina (Ramos *et al.*, 1996; Sruoga *et al.*, 2000; Giambiagi *et al.*, 2003).

Formación Abanico (Ea)

Secuencia definida por Aguirre (1960) y modificada por Wall *et al.*, 1999. Esta unidad se encuentra constituida principalmente por rocas del tipo volcánicas andesíticas a basálticas, con intercalaciones piroclásticas y sedimentarias continentales, y se deposita de manera concordante a Formación Lo Valle al norte de Colina. El techo de la formación no se encuentra expuesto y se encuentra intruido por diques y stocks. Se encuentra correlacionada con formación Coya-Machali (Klohn, 1960; Charrier *et al.*, 1994). La Formación Abanico posee dos niveles principales:

- Nivel inferior: Comprende lavas de composición andesítica a basáltica con intercalaciones de tobas brechosas, tobas soldadas y rocas sedimentarias continentales, de hasta 1.800 m de espesor. Las lavas presentan fenocristales de andesina-labradorita, augita, magnetita, y en menor proporción hipersteno, relictos de olivino y oxihorblenda. Las lavas presentan alteración a ceolitas y clorita-esmectita. Las lavas de la parte media de la secuencia, han sido datadas mediante Ar/Ar en $26,6 \pm 1,2$ y $23,6 \pm 0,8$ Ma, $21,1 \pm 1,0$ Ma y por K-Ar en roca total en $20,9 \pm 0,8$ Ma, $19,8 \pm 0,9$ Ma (Gana y Wall, 1997; Sellés, 1999). Esta unidad posee un diverso registro paleontológico en la literatura científica, correspondiente a vertebrados continentales provenientes de la zona andina (Flynn y Wiss, 1990; Flynn *et al.*, 1991, 1995; Flynn y Wiss, 1998; Flynn *et al.*, 2003; Flynn y Wiss, 2004; Flynn *et al.*, 2005, 2007). En el área de Cerro Manquehue se registra una intercalación sedimentaria formada por limolitas y areniscas tobáceas con restos vegetales tales *Hydrangea* sp. (Torres 1997) y además *Persea* sp. y *Phoebe* sp., estas últimas de afinidad subtropical (Hinojosa 1996).
- Nivel Superior. Comprende brechas piroclásticas, brechas epiclásticas finas, conglomerados y areniscas volcanoclásticas subordinadas, de color gris y morado claro, de hasta 350 m de potencia. Este nivel aflora al este de cerro Cinga Mocha y partes altas del cordón de los cerros Colocalán y cerro Cuesta de Chacabuco.

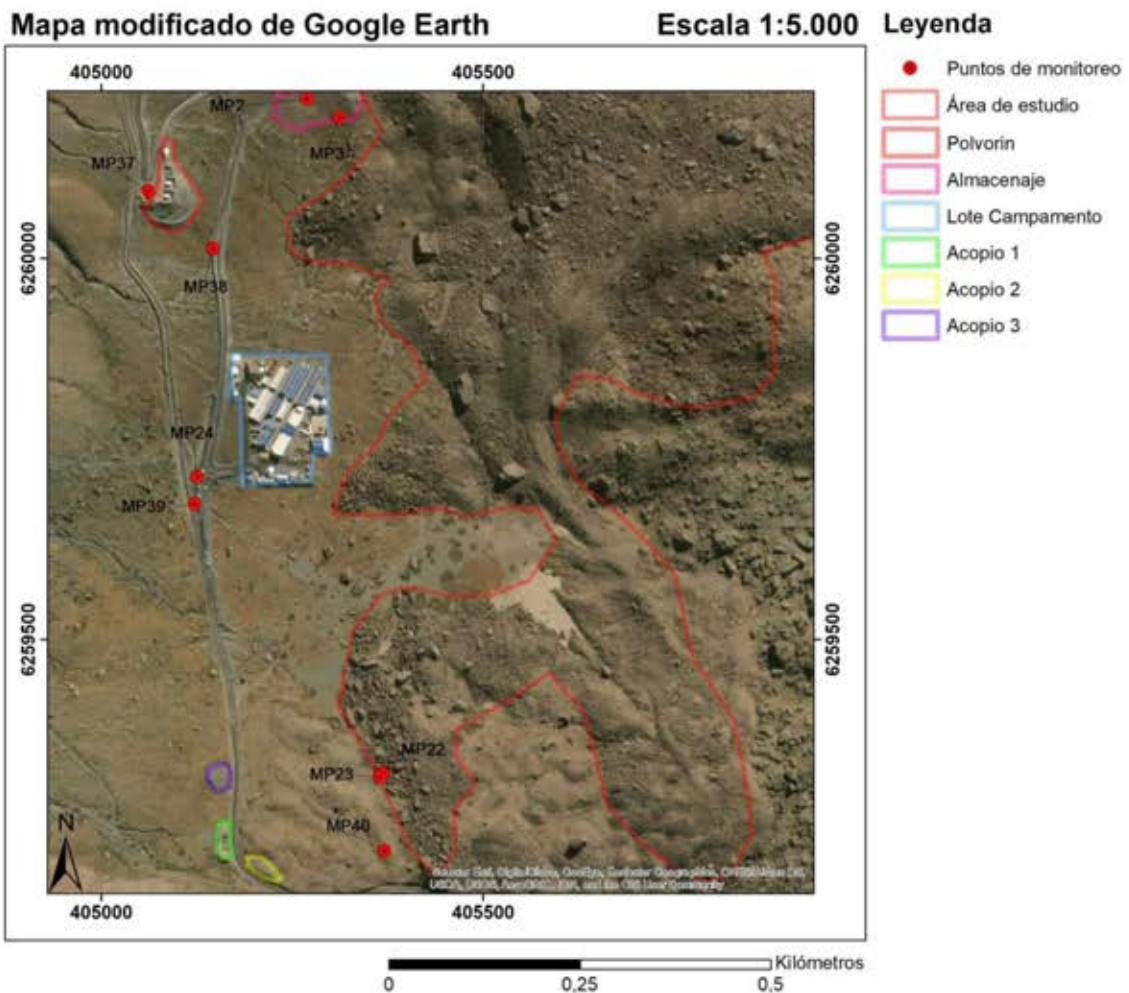
Depósitos Aluviales (Qa): Corresponden a bloques, gravas, arenas, limos y arcillas. Son el principal material de relleno de la Depresión Central y de todos los valles interiores de la Cordillera Principal. Sobresalen entre estos últimos aquéllos que forman los importantes niveles de terrazas en el valle del río Maipo. En términos generales, se puede sostener que sobre una cota promedio de 1.500 msnm., los depósitos fluviales gradan a glaciofluviales (Thiele, 1980).

4. Metodología

4.1 Área de estudio

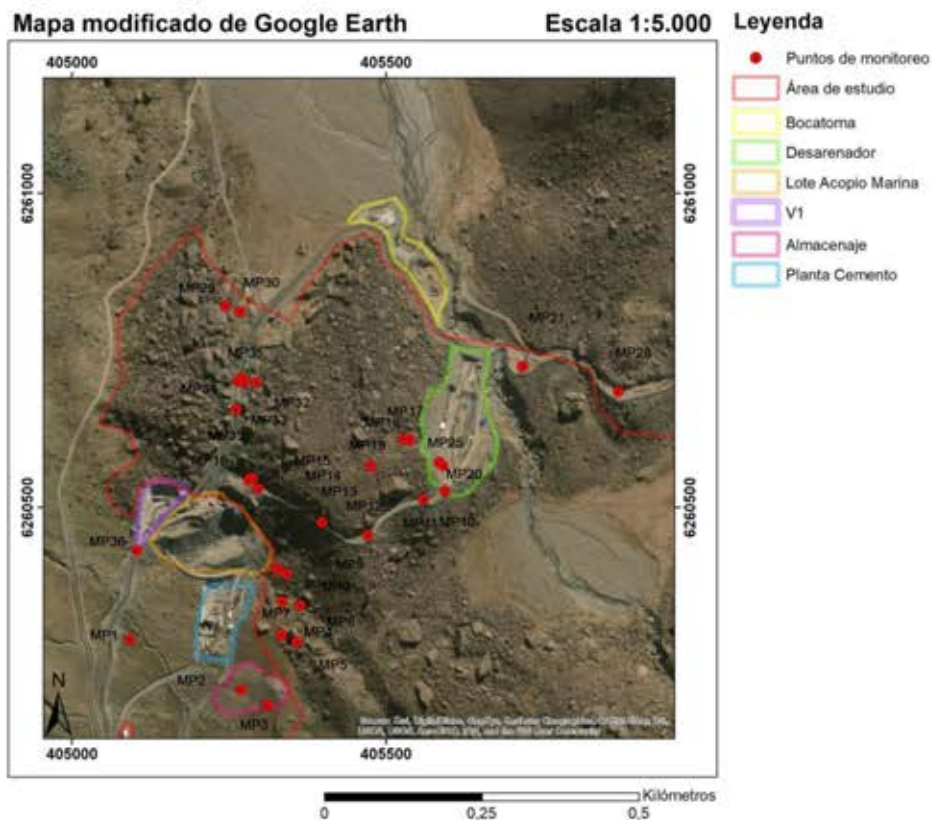
El Área de Influencia del Proyecto (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.2) se ubica en el sector oeste de la Comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana. Para el reconocimiento de las localidades estudiadas y la orientación en terreno se utilizó imágenes satelitales mediante el software Google Earth. la Información geológica fue consultada en estudios geológicos (Calderon 2008 y Nuñez 2018) y Mapa Geológico de Chile 1: 1.000.000 (Sernageomin 2003) del Servicio Nacional de Geología y Minería.

Figura 2. Imagen Google Earth con el área de estudio e influencia



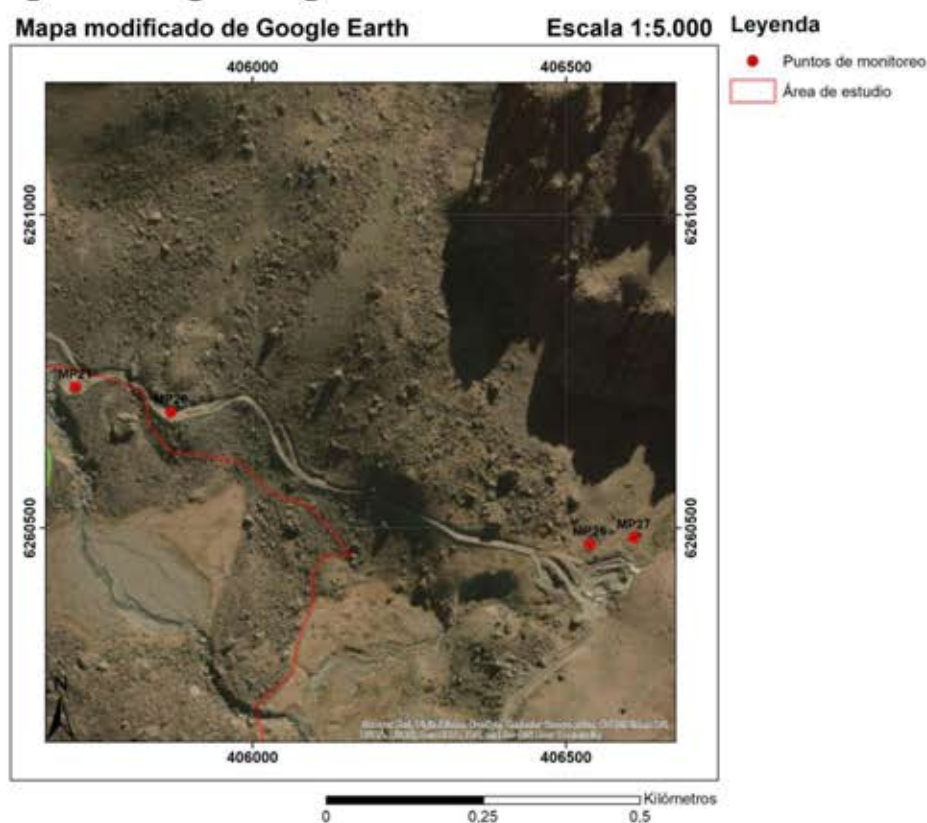
Fuente: Elaboración propia (Modificado de Google Earth)

Figura 3. Imagen Google Earth con el área de estudio e influencia



Fuente: Elaboración propia (Modificado de Google Earth)

Figura 4. Imagen Google Earth con el área de estudio e influencia



Fuente: Elaboración propia (Modificado de Google Earth)

4.2 Área de Influencia paleontológica

Según el artículo 2 del D.S. N° 40/2012 el área de influencia corresponde a “El área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias”.

Para efectos de este estudio se utilizará el término “área de influencia paleontológica” el cual será definido como “todo aquel trazado, porción u extensión geográfica de un proyecto que resulte coincidente con una unidad geológica potencialmente fosilífera, es decir aquella en las cuales puedan existir componentes paleontológicos”. Sobre lo anterior, para la determinación del área de influencia paleontológica del proyecto Alto Maipo se utilizó la bibliografía y cartografía disponible y también se confeccionó nueva cartografía para establecer toda aquella coincidencia de obras antiguas o más recientes del proyecto Alto Maipo sobre las unidades geológicas con potencial que son identificadas en el presente informe. De este modo, se consideran como área de influencia característica del proyecto Alto Maipo todas aquellas secciones dentro de las cuales se han realizado intervenciones de tipo excavación, movimiento de tierras y o recubrimiento del sustrato original del terreno utilizando rellenos naturales y o artificiales.

4.3 Trabajo de Gabinete

La metodología de gabinete consistió en la revisión inicial del marco geológico asociado al área de estudio. Este se basó en estudios geológicos (Calderon 2008 y Nuñez 2018) y Mapa Geológico de Chile 1: 1.000.000 (Sernageomin 2003) del Servicio Nacional de Geología y Minería. Esto permitió tener una visión descriptiva y comprensiva de la naturaleza geológica del área y de su potencial paleontológico. Además, se realizó una exhaustiva recopilación bibliográfica de antecedentes tomando en cuenta tanto estudios geológicos como investigaciones específicas orientadas a la paleontología del área de estudio y se revisó el marco normativo y reglamentario relacionado con el patrimonio natural paleontológico.

4.4 Trabajo de Terreno y confección de Informe

La prospección paleontológica en terreno se realizó seleccionándose puntos de monitoreo que se definieron en función de su representatividad dentro del contexto geológico y paleontológico general sobre el cual se desarrolla el área de estudio (ver Figura 3 y Tabla 1). Finalmente, la información recopilada fue procesada desarrollándose análisis específicos que permitieron la elaboración del presente informe.

Se realizaron trabajos de campo en el área de estudio, comprendiendo monitoreo y observaciones específicas de las unidades geológicas presentes con la finalidad de reconocer en

éstas, la presencia o ausencia de componentes paleontológicos y establecer una evaluación del potencial fosilífero siguiendo las indicaciones de la guía para la confección de informes paleontológicos del CMN (2016), donde se señalan las siguientes categorías de potencial fosilífero para catalogar unidades geológicas:

a) Estéril (Potencial paleontológico nulo a bajo)

Unidades que correspondan a cuerpos intrusivos y productos volcánicos de alta temperatura y energía, excepto ciertos tipos de ignimbritas.

b) Susceptible (potencial paleontológico bajo a medio)

Unidades sedimentarias y volcano-sedimentarias con facies con posibilidad de contener fósiles, aun cuando carecen de antecedentes paleontológicos bibliográficos. Desde el punto de vista sedimentológico, se trata de facies que por el ambiente sedimentario que representan, podrían albergar restos paleontológicos. También se incluyen en esta categoría unidades geológicas que han sido cartografiadas con una escala de poco detalle y no permite localizar dónde se encuentran los niveles susceptibles y/o fosilíferos.

c) Fosilífera (potencial paleontológico medio a alto)

Unidades sedimentarias y volcano-sedimentarias, en las cuales se ha reportado, en la literatura (artículos y resúmenes científicos, SEIA, etc.) o durante la inspección visual, su contenido fosilífero.

5. Resultados

5.1 Descripción del área

El área de estudio se emplaza sobre Depósitos Aluviales del Cuaternario, no obstante todos los puntos observados MP1, MP2, MP3, MP4, MP5, MP6, MP7, MP8, MP9, MP10, MP11, MP12, MP13, MP14, MP15, MP16, MP17, MP18, MP19, MP20, MP21, MP22, MP23, MP24, MP25, MP26, MP27, MP28, MP29, MP30, MP31, MP32, MP33, MP34, MP35, MP36, MP37, MP38, MP39 y MP40 se emplazan dentro del área de desarrollo de la Formación Río Damas (Miembro punta zanzi) el cual posee antecedentes paleontológicos de equinodermos fósiles (Calderon 2008), además de estructuras sedimentarias.

En los puntos de monitoreo MP1, MP5, MP24, MP37, MP38 y MP39 se reconocen plataformas de origen antrópico utilizadas para la elaboración de caminos, en estos acopios es posible observar la presencia de fósiles alóctonos tales como ammonoideos, *Grypaea* sp., y *Trigonia* sp., los cuales provienen de Formación Lo Valdes (Fm. Baños Morales sensu Salazar y Stinnesbeck, 2015) (Fotografías 1, 2, 6, 32, 50, 51, 52, 53 y 54).

En los puntos de monitoreo MP2, MP3, MP4, MP6, MP7, MP8, MP9, MP10, MP11, MP12, MP13, MP14, MP15, MP16, MP17, MP18, MP20, MP21, MP22, MP23, MP25, MP26, MP27, MP28, MP29, MP30, MP31, MP32, MP33, MP34, MP35, MP36 y MP40 se reconocieron grandes y pequeños

bloques de roca exponiendo estructuras de origen sedimentario significativas desde el punto de vista paleoambiental tales como grietas de desecación, ondulitas e impresiones de gotas de lluvia. Debido a que Calderon (2008) ha identificado estas mismas estructuras en niveles sedimentarios específicos del Miembro Zanzi de Formación Río Damas, es posible asignar los bloques mencionados a esa unidad geológica. En las áreas perimetrales de los puntos de monitoreo MP19 y MP40 se detectó la existencia de varios paneles de roca pertenecientes al Miembro Zanzi de Formación Río Damas, conteniendo abundantes bioturbaciones y trazas fósiles (paleoicnitas). El análisis preliminar de estos fósiles permite identificarlos como huellas (rastrilladas) de pequeños vertebrados terrestres entre los cuales se reconocen reptiles y mamíferos, siendo estos registros únicos en su tipo tanto en Chile como en Sudamérica. Estos nuevos registros representan hallazgos paleontológicos de extraordinaria relevancia científica y patrimonial, los cuales no fueron detectados en la línea base paleontológica original, ni durante los trabajos de monitoreo paleontológico realizado para el proyecto. En el área de MP22 y MP23 correspondiente a la misma unidad geológica de la Formación Río Damas, se registraron las mismas estructuras sedimentarias características del Miembro Zanzi (Calderon 2008), asociadas a paleoicnitas (pisadas fósiles) de mayor tamaño que las de MP19, posiblemente asignables a Dinosauria y a un reptil de gran tamaño. Estas unidades poseen antecedentes paleontológicos generales (Moreno 2007) por lo cual son consideradas con potencial Paleontológico Fosilífero Alto (fotografías 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 55 y 56).

Tabla 1: Puntos y coordenadas de monitoreo paleontológico indicando unidad geológica de proveniencia y potencial paleontológico

Punto de monitoreo	Coordenada UTM (Dátum WGS 84) Huso19		Unidad Geológica	Potencial paleontológico	Componente Paleontológica o estructura sedimentaria
	Este (m)	Norte (m)			
MP1			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Fósil alóctono <i>Grypaea</i> sp.
MP2			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	No registra
MP3			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	No registra
MP4			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación

Punto de monitoreo	Coordenada UTM (Dátum WGS 84) Huso19		Unidad Geológica	Potencial paleontológico	Componente Paleontológica o estructura sedimentaria
	Este (m)	Norte (m)			
MP5			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Fósil alóctono ammonoideo
MP6			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP7			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP8			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP9			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP10			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP11			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP12			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP13			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Fragmentos de grietas de desecación
MP14			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación impactadas
MP15			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP16			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Panel con gotas fósiles de lluvia
MP17			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación

Punto de monitoreo	Coordenada UTM (Dátum WGS 84) Huso19		Unidad Geológica	Potencial paleontológico	Componente Paleontológica o estructura sedimentaria
	Este (m)	Norte (m)			
MP18			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Bloque con gotas fósiles de lluvia
MP19			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Rastrillada fósil de vertebrados
MP20			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación impactadas
MP21			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Ondulitas impactadas
MP22			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Posible rastrillada de Dinosauria
MP23			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Rastrillada fósil de Reptilia indet.
MP24			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Fósil aloctono ammonoideo
MP25			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación impactadas
MP26			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	No registra
MP27			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP28			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP29			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación y ondulitas

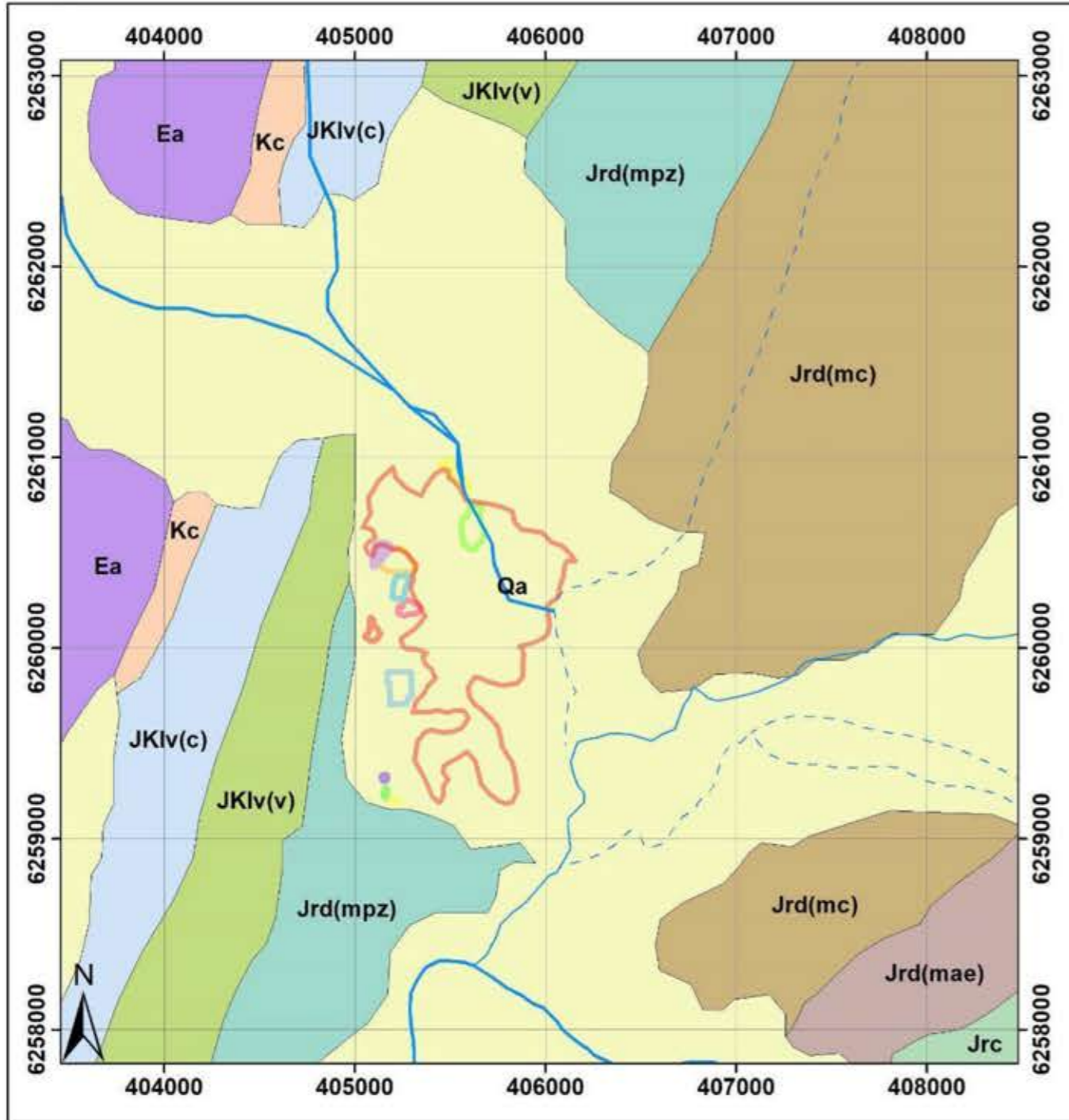
Punto de monitoreo	Coordenada UTM (Dátum WGS 84) Huso19		Unidad Geológica	Potencial paleontológico	Componente Paleontológica o estructura sedimentaria
	Este (m)	Norte (m)			
MP30			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación y ondulitas
MP31			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Ondulitas
MP32			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP33			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de
MP34			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación y ondulitas
MP35			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación y ondulitas
MP36			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Grietas de desecación
MP37			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Fósil alcóctono ammonoideo
MP38			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Fósil alóctono <i>Trigonia</i> sp.
MP39			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Fragmentos indeterminados de Fósiles proveniente de marinas
MP40			Jrd(mpz)	Fosilífero (Medio- Alto)	Rastrillada fósil de vertebrados

Fuente: Elaboración propia Atacama Fossil Ltda.

Figura 5: Mapa geológico escala 1:25.000. Se observa área del proyecto y sus relaciones litológicas.

Mapa modificado de Calderon 2008

Escala 1:25.000



Leyenda

Área de estudio

Áreas alto Maipo

- Bocatoma
- Desarenador
- Lote Acopio Marina
- V1
- Lote Campamento
- Polvorin
- Almacenaje
- Planta Cemento
- Acopio 1
- Acopio 2
- Acopio 3
- Estero
- Quebrada
- Río

Litología

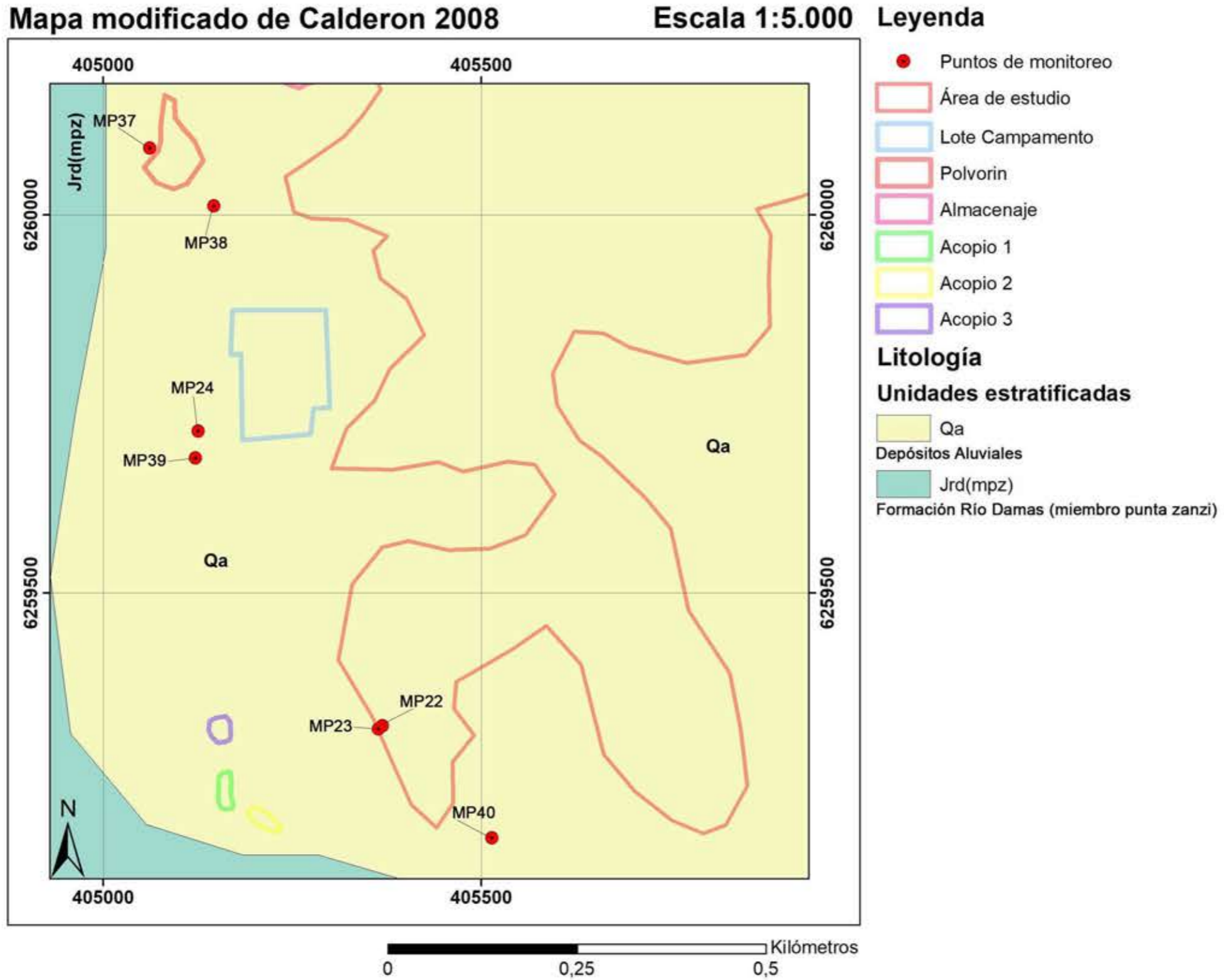
Unidades estratificadas

- Qa
Depósitos Aluviales
- Ea
Formación Abanico
- Kc
Formación Colimapu
- JKlv(c)
Formación Lo Valdés (sedimentaria)
- JKlv(v)
Formación Lo Valdés (volcanica)
- Jrd(mpz)
Formación Río Damas (miembro punta zanzi)
- Jrd(mc)
Formación Río Damas (miembro catedral)
- Jrd(mae)
Formación Río Damas (miembro aguja escondida)
- Jrc
Formación Río Colina



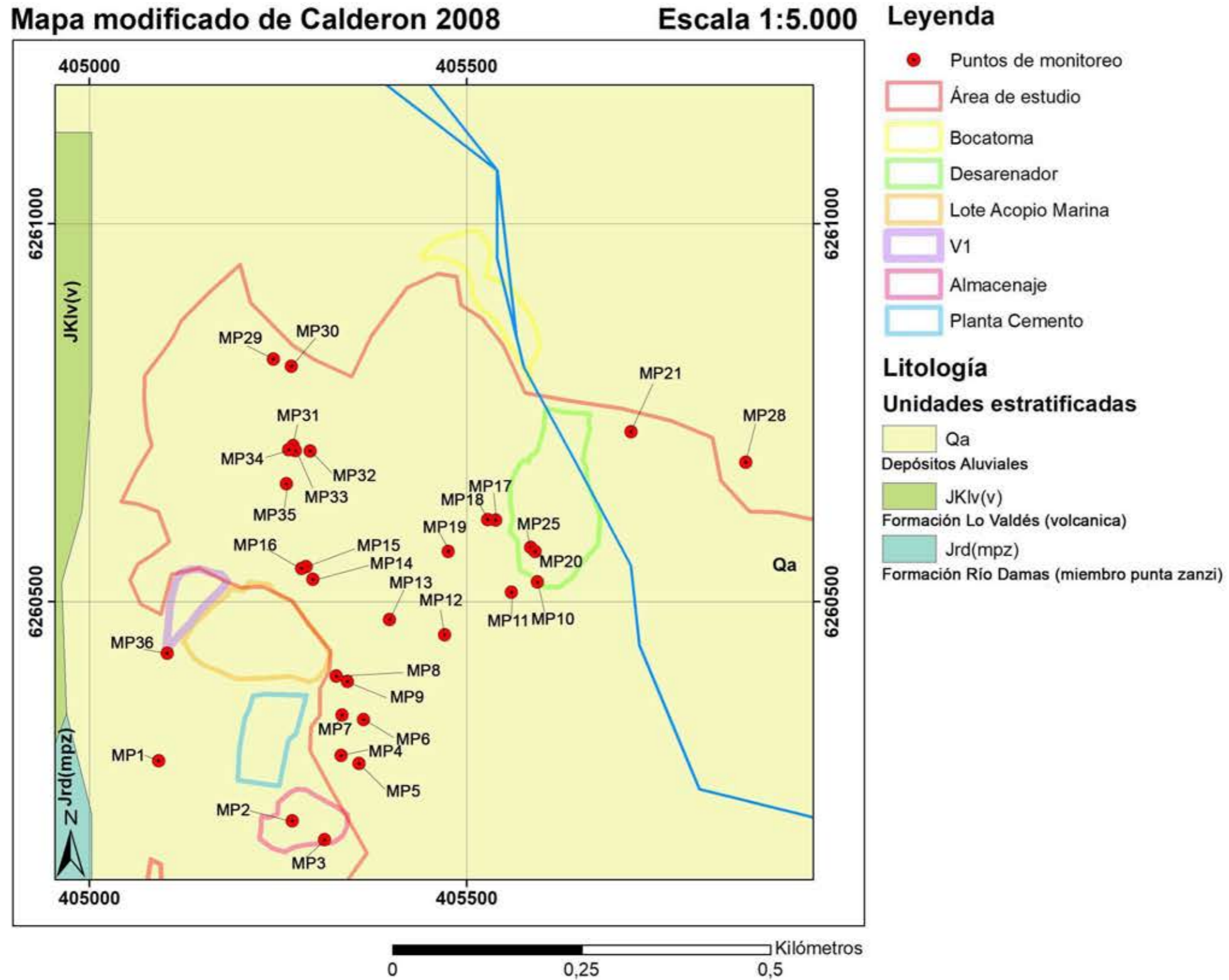
Fuente: Elaboración propia (Modificado de Calderon 2008; Nuñez 2018 y Sernageomin 2003)

Figura 6: Mapa geológico escala 1:5.000. Se observa área del proyecto y sus relaciones litológicas.



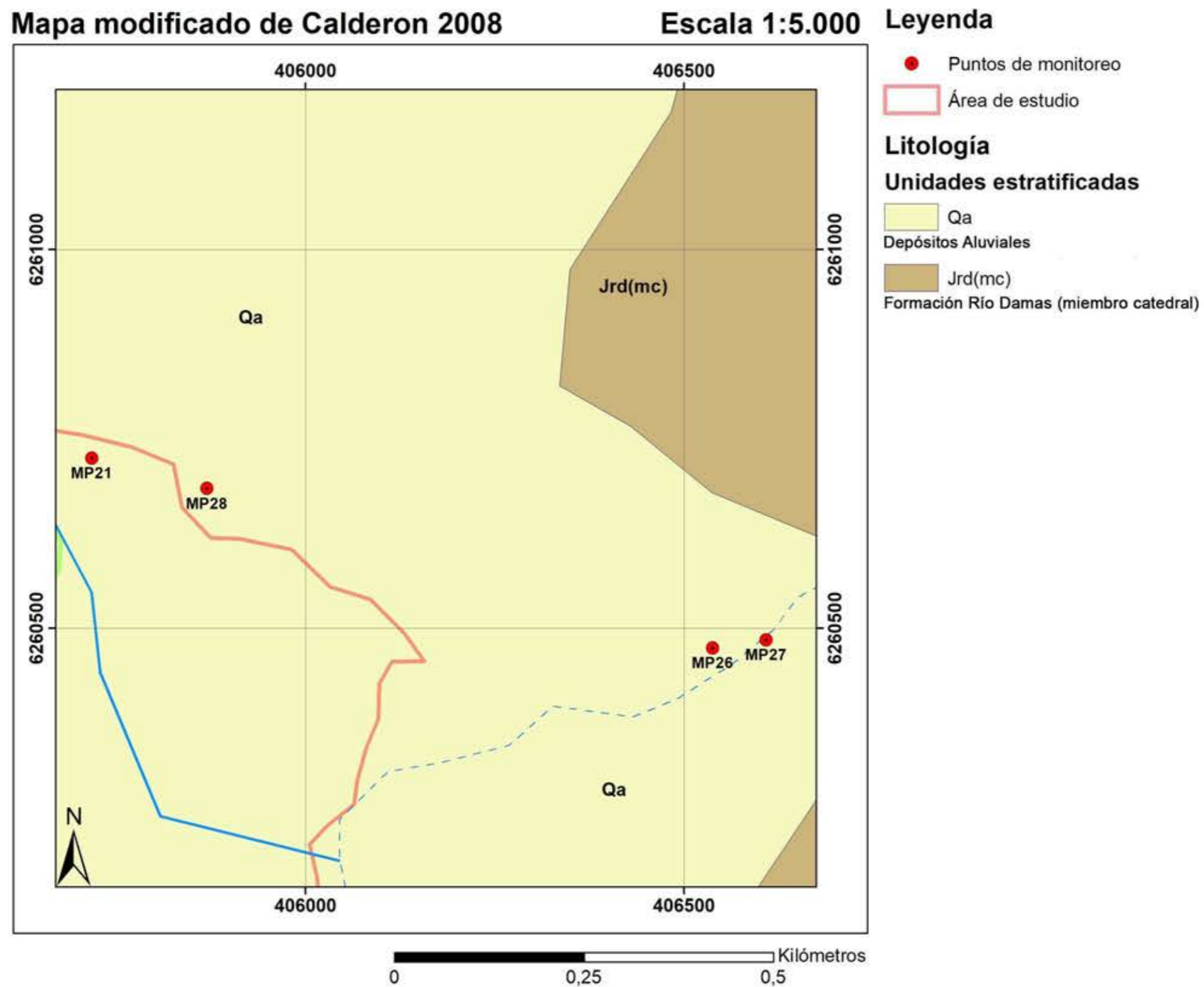
Fuente: Elaboración propia (Modificado de Calderon 2008; Nuñez 2018 y Sernageomin 2003)

Figura 7: Mapa geológico escala 1:5.000. Se observa área del proyecto y sus relaciones litológicas.



Fuente: Elaboración propia (Modificado de Calderon 2008; Nuñez 2018 y Sernageomin 2003)

Figura 8: Mapa geológico escala 1:5.000. Se observa área del proyecto y sus relaciones litológicas.



Fuente: Elaboración propia (Modificado de Calderon 2008; Nuñez 2018 y Sernageomin 2003)

6. Conclusiones y recomendaciones

Según se pudo verificar de forma presencial mediante monitoreo visual en terreno y análisis paleontológico, las obras del proyecto Alto Maipo se emplazan sobre unidades geológicas con categoría de Potencial Fosilífero Alto dentro del proyecto Parque las Arenas, representadas por las formaciones Río Damas y Lo Valdés, las cuales han sido intervenidas por las Obras del proyecto Alto Maipo sin tomarse los resguardos técnicos adecuados (Ver Figuras 5, 6, 7, 8 y 9).

A continuación, se aportan observaciones técnicas que evidencian las irregularidades más significativas del proyecto Alto Maipo, y que afectan negativamente al componente patrimonial paleontológico asociado al proyecto Parque Las Arenas:

a) Georeferenciación deficiente

Según lo observado en terreno en relación al proyecto Alto Maipo y la coincidencia geográfica de parte de sus obras con el proyecto Parque las Arenas (y unidades geológicas de categoría fosilífera) existen impactos directos sobre patrimonio paleontológico de categoría Fosilífero Alto perteneciente a las Formaciones Lo Valdés y Río Damas. En efecto, la mayor parte de los impactos mencionados tienen un origen determinado por falencias técnicas graves detectadas en los estudios de línea base paleontológica e informes realizados previamente por Alto Maipo los cuales observamos son resultado de compromisos ambientales ejecutados de manera deficiente.

Para comenzar se detectó que en la página número 9 del estudio de Línea de Base Paleontológica original del proyecto Alto Maipo (Thiele y Gutstein, 2009) los autores no utilizaron un mapa geológico a detalle y solo aportaron un mapa general en escala de 1:250.000 que apenas delimitó el área de afectación con un rectángulo de color rojo sin ampliación de detalles (ni zoom), por lo cual resulta imposible apreciar de manera precisa las formaciones geológicas existente dentro del área. Asimismo, el informe fue elaborado usando el sistema de georreferencia PSAD 56 (Sistema no oficial para territorio nacional). En efecto, se debería haber utilizado el Sistema Geodésico WGS 1984 (IGM, 2003), el cual es oficial para territorio chileno, siendo adoptado como sistema de referencia oficial por ser el más utilizado a nivel mundial.

Es importante señalar que al haberse utilizado otros sistemas de referencia como PSAD 56 se generaron errores y desviaciones geográficas significativas (de varios metros) en la cartografía de las áreas e instalaciones del proyecto Alto Maipo los cuales evidentemente afectaron unidades geológicas con afloramientos fosilíferos altos que contienen componentes patrimoniales. Las falencias de georeferenciación mencionadas abarcan tanto las instalaciones del proyecto Alto Maipo como afloramientos con potencial fosilífero existentes en el proyecto Parque las Arenas, detectándose en la cartografía de la Línea Base paleontológica original y en los informes de monitoreo paleontológico graves inconsistencias.

Se observó que en el ANEXO 2 de los informes de inspección semanal de monitoreo paleontológico, incluyendo medidas de resguardo paleontológico (Terra Ignota 2019b; Terra

Ignota 2019a; Terra Ignota 2018; Terra Ignota 2017b; Terra Ignota 2017a; Terra Ignota 2016b; y Terra Ignota 2016a⁶), la figura correspondiente al mapa (V. Croquis Imagen Google Earth) muestra una imagen perpendicular del área del proyecto Alto Maipo, la cual se visualiza en ángulo, por lo que no es posible apreciar de manera correcta el buffer de protección del área.

Se aclara que los Anexos 2 de los informes citados no poseen números de página y que las imágenes de mapas tomados desde Google Earth se presentaron en ángulo. Algunos de los mapas indicados tampoco poseen grilla espacial lo cual es una falencia que impide situar o contextualizar geográficamente las unidades geológicas y el registro paleontológico del proyecto Alto Maipo. Estas falencias en los informes evidentemente son graves y repercutieron pues la caracterización del patrimonio paleontológico y su distribución dentro del área del proyecto Alto Maipo evidenciando claramente la existencia de una evaluación no objetiva.

En efecto, las inconsistencias de la cartografía aportada en los informes se estima pudo haber provocado sobreposición de instalaciones e infraestructura del proyecto Alto Maipo sobre los antes mencionados afloramientos de rocas sedimentarias con potencial Fosilífero Alto presentes en el sector. Esto obviamente presume impactos negativos por afectación y daños a los componentes patrimoniales paleontológicos locales.

En el mapa geológico elaborado en este informe se aprecia claramente la sobreposición del proyecto Alto Maipo sobre extensas áreas de relevancia paleontológica con un potencial Fosilífero Alto (Ver Figura 9).

b) Insuficiencia de información e inconsistencia en reportes paleontológicos

Se ha determinado la afectación de componentes patrimoniales paleontológicos, en primera instancia como resultado de perforaciones a gran escala producidas por la construcción de un túnel subterráneo que atraviesa parcialmente la Formación fosilífera Lo Valdés, desde el área de Parque Las Arenas hacia el norte con la finalidad de conectar con el valle del Río Yeso (situado al norte del área de estudio). Este impacto ha sido supuestamente mitigado mediante monitoreos paleontológicos quincenales a las llamadas marinas (grandes acopios de rocas sedimentarias fosilíferas) obtenidas como resultado de excavaciones realizadas en Formación Lo Valdés. No obstante, se apreció gran cantidad de rocas con fósiles pertenecientes a esta unidad geológica (Lo Valdés) utilizados como rellenos artificiales dispersos en diversos sectores del proyecto Alto Maipo (Ver puntos de monitoreo MP1, MP37 y MP38 en fotografías 1, 2, 51, 52, 53, 54). Asimismo, según los documentos revisado en los registros de la autoridad ambiental, el monitoreo paleontológico no ha cumplido con los estándares exigidos por las normativas del Consejo de Monumentos Nacionales ("**CMN**"), lo cual se refleja claramente en los informes de monitoreo paleontológico emitidos los cuales fueron detalladamente examinados durante el presente estudio reconociéndose las siguientes falencias:

⁶ La información y link de acceso a la información está en la bibliografía del presente informe, páginas 44 y 45.

i) En la página número 7 del informe mensual de monitoreo paleontológico de (Terra Ignota 2019b; Terra Ignota 2019a; Terra Ignota 2018; Terra Ignota 2017b; Terra Ignota 2017a; Terra Ignota 2016b; y en página 8 del informe mensual de monitoreo paleontológico de Terra Ignota 2016a⁷), se utilizó un mapa geológico general de Calderon 2008 pero no se acompañó ningún acercamiento o zoom al área de estudio. Debido a esta falencia **NO es posible observar de manera precisa cuales son los lugares que fueron monitoreados paleontológicamente en relación con las unidades geológicas fosilíferas locales.** Consecuentemente la evaluación paleontológica y conclusiones del informe citado resultan altamente cuestionables.

ii) En la página número 10 de los informes mensuales de monitoreo paleontológico de marinas de (Terra Ignota 2019b; Terra Ignota 2019a; Terra Ignota 2018; Terra Ignota 2017b; Terra Ignota 2017a; y en la página 16 del informe mensual de monitoreo paleontológico de marinas (Terra Ignota 2016b⁸) **se consideró a la Formación Río Damas como una unidad con un potencial Paleontológico Bajo,** sin embargo esto no corresponde a la realidad pues dicha unidad posee un potencial Fosilífero Alto determinado por hallazgos paleontológicos anteriores dentro de los cuales se puede citar los estudios de Calderon (2008) reconocieron la presencia de placas de Equinodermos en Miembro Punta Zanzi, lo cual no fue reconocido e informado en informes de monitoreo en Terra Ignota 2016a⁹, tampoco se hace mención al potencial paleontológico. Además, los fósiles reconocidos en el presente informe confirman el potencial fosilífero de la Formación Río Damas.

iii) En la página 10 de los informes mensuales de monitoreo paleontológico de marinas de Terra Ignota 2019b; Terra Ignota 2019a; Terra Ignota 2018; Terra Ignota 2017b; Terra Ignota 2017a; y en página 16 del informe mensual de monitoreo paleontológico de marinas Terra Ignota 2016b¹⁰ **se considera que la Formación Colimapu posee un potencial paleontológico Bajo,** sin embargo esto no obedece a la realidad ya que según antecedentes científicos disponibles (Martínez y Osorio, 1963) se reportaron fósiles de algas carófitas por lo cual posee un Potencial Fosilífero Alto. En el informe de Terra Ignota 2016a¹¹ tampoco se hizo mención al potencial paleontológico lo cual es esencial y básico en un informe de este tipo.

iv) En la página 10 de los informes mensuales de monitoreo paleontológico de marinas de Terra Ignota (2019b; Terra Ignota 2019a; Terra Ignota 2018; Terra Ignota 2017b; Terra Ignota 2017^a) y en la página número 16 del informe mensual de monitoreo paleontológico de marinas

⁷ La información y link de acceso a la información está en la bibliografía del presente informe, páginas 44 y 45.

⁸ La información y link de acceso a la información está en la bibliografía del presente informe, páginas 44 y 45.

⁹ La información y link de acceso a la información está en la bibliografía del presente informe, páginas 44 y 45.

¹⁰ La información y link de acceso a la información está en la bibliografía del presente informe, páginas 44 y 45.

¹¹ La información y link de acceso a la información está en la bibliografía del presente informe, páginas 44 y 45.

Terra Ignota 2016b¹², **se definió la Formación Abanico con un potencial fosilífero Medio, sin embargo, esa unidad aledaña al área del proyecto tiene un potencial Fosilífero Alto al existir abundantes antecedentes acerca de vertebrados fósiles en la zona andina** (Flynn y Wiss, 1990; Flynn *et al*, 1991, 1995; Flynn y Wiss, 1998; Flynn *et al*, 2003; Flynn y Wiss, 2004; Flynn *et al*, 2005, 2007). Nuevamente en Terra Ignota 2016a¹³ no se hace mención al potencial paleontológico.

v) En la Tabla 2 y 3 -que se indican a continuación- se grafican y comparan los resultados de potencial fosilífero publicados por Terra Ignota en sus informes de monitoreo para Alto Maipo y en un trabajo de investigación independiente publicado por ellos mismos en Varela *et al*, 2016. **Al comparar los trabajos se evidencia claramente inconsistencia de información entre el informe de monitoreo Paleontológico quincenal de Marinas y el trabajo de investigación presentado por la misma empresa (Terra Ignota) en Varela *et al*, 2016 (Monitoreo paleontológico en túnel: caso proyecto Alto Maipo).** Se observa que los potenciales paleontológicos no resultan coincidentes según se muestra a continuación.

Tabla 2: Tabla de potencial paleontológico (Terra Ignota 2019b; Terra Ignota 2019a; Terra Ignota 2018; Terra Ignota 2017b; Terra Ignota 2017a; Terra Ignota 2016b)

SECTOR	FORMACIÓN	EDAD	TAXONES PRESENTES	POTENCIAL FOSILIFERO
El Volcán	Río Damas	Kimmeridgiana (Jurásico Superior)	Equinodermos	Bajo
El Volcán	Baños Morales	Titoniano (Jurásico Superior)	Amonites	Medio-Alto
El Volcán	Lo Valdés	Titoniano medio (Jurásico Superior) a Hauteriviano Superior (Cretácico Inferior)	Amonites, bivalvos y gastrópodos	Alto
El Volcán	Colimapu	Barremiano-Albiano (Cretácico inferior)	Algas carófitas	Bajo
El Yeso	Abanico	Eoceno Superior-Mioceno Inferior	Mamíferos, <i>Nothofagus</i>	Medio

Fuente:

Tabla 3: Tabla de potencial paleontológico Fuente: (Varela *et al*, 2016)

UNIDAD GEOLÓGICA	POTENCIAL FOSILIFERO	FRECUENCIA MONITOREO
Formación Río Damas	Medio	Quincenal
Formación Lo Valdés	Alto	Diaria
Formación Colimapu	Bajo- Medio	Semanal- quincenal
Unidades intrusivas	Nulo	Quincenal

En las tablas anteriores se evidencia la inconsistencia de datos. Los potenciales fosilíferos de los informes no coinciden entre ellos ni tampoco coinciden con lo que ocurre en la realidad

¹² La información y link de acceso a la información está en la bibliografía del presente informe, páginas 44 y 45.

¹³ La información y link de acceso a la información está en la bibliografía del presente informe, páginas 44 y 45.

observada y analizada en terreno. Al existir antecedentes paleontológicos previos todas las formaciones mencionadas poseen un potencial Fossilífero Medio-Alto.

vi) En los informes mensuales de monitoreo paleontológico de marinas Terra Ignota 2019b; Terra Ignota 2019a; Terra Ignota 2018; Terra Ignota 2017b; Terra Ignota 2017a; Terra Ignota 2016b; y Terra Ignota 2016a¹⁴ **no se hace referencia a presencia de fósiles alóctonos**. No obstante lo anterior, en el presente estudio se verificó la presencia de abundantes fósiles de este tipo en los puntos de monitoreo MP1, MP5, MP24, MP37, MP38 y MP39 (Ver tabla 1) todos correspondientes a los caminos de servidumbre del proyecto Alto Maipo. Esto evidencia claramente una precaria fiscalización paleontológica.

vii) Se detectaron una serie de **irregularidades en cuanto a la periodicidad y estándar de los monitoreos paleontológicos** realizados a las obras de Alto Maipo por parte de los consultores del proyecto observándose varios “gaps” o vacíos, así como también problemas en la titularidad y firma de los documentos según se detalla a continuación:

En efecto, durante el año 2017, el último informe mensual de monitoreo paleontológico de marinas N°65 fue presentado por Terra Ignota en octubre del año 2017. Desde ese entonces no se entregó al SEA ningún registro de informe mensual de monitoreo paleontológico hasta el mes de marzo del año 2018. El siguiente informe de monitoreo paleontológico mensual N°74 fue presentado por Terra Ignota en mayo del año 2018. Dentro del mismo contexto se detectó un hecho irregular y de gran relevancia que comprende la existencia de un informe de Paleontología en el SNIFA (Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental), el cual fue elaborado por la empresa Strabag el año 2018 y firmado por los geólogos Marina Pérez, Matthias Rosenfeld, el Geógrafo Carlos Ruiz y el ingeniero forestal Esteban Sandoval.

El hecho irregular es que **ninguno de los profesionales mencionados anteriormente cumple con el perfil de especialista en Paleontología requerido por el CMN**. Por lo tanto, eso los invalida para firmar tal documento según ha sido dispuesto claramente en la página 10 de la guía de informes paleontológicos del CMN, donde se especifica lo siguiente:

Currículo y firma del informe

2.5.1 Deberá adjuntarse el Currículum del paleontólogo responsable de la elaboración de dicho informe, según el perfil establecido por el CMN.

2.5.2 Todos los documentos que tengan relación con el componente paleontológico sean textos o planos, deben ir firmados por el paleontólogo que los haya elaborado.”¹⁵

Consecuentemente, el informe citado y el reporte paleontológico contenido dentro del mismo no sería válido y esto corresponde a un grave incumplimiento a la RCA y a la normativa de la

¹⁴ La información y link de acceso a la información está en la bibliografía del presente informe, páginas 44 y 45.

Ley 17.288 de monumentos nacionales y reglamentos asociados e indicados en la guía para informes paleontológicos del CMN.

c) Daños a unidades fosilíferas a gran escala

Abundantes rocas sedimentarias fosilíferas de la Formación Río Damas han sido removidas y mezcladas con suelo originario con la finalidad de generar material de relleno y estabilizado para sostener áreas de trabajo del proyecto Alto Maipo tales como plataformas, infraestructura técnica (galpones industriales, talleres, oficinas y caminos, etc.). Este material de relleno comprende un sustrato artificial de gran espesor y en algunos lugares superior a 7 metros el cual ha cubierto parcialmente el sustrato natural originario del área representado por rellenos aluviales, rocas sedimentarias fosilíferas y rico suelo vegetal. Los daños con este recubrimiento o relleno se aprecian en los puntos MP2, MP3, MP5, MP6, MP7, MP10, MP11 y MP39 (Fotografías 3, 4, 7, 8, 9, 13, 14 y 55).

Es importante señalar que, como resultado de estas acciones, gran parte de las rocas sedimentarias fosilíferas del área han sido cubiertas totalmente impidiendo que se aprecien muestras fosilíferas presentes en bloques rodados y también los afloramientos originales o *in situ* de la Formación Río Damas. En efecto, se observó que las instalaciones denominadas Bocatoma, Desarenador, Lote de acopio marinas, Portal V1, Lote campamento, Polvorín, Almacenaje, Planta Cemento, Acopio 1, Acopio 2 y Acopio 3 (Ver Figura 9) dentro del Parque Las Arenas, se emplazan directamente sobre depósitos aluviales de edad Cuaternario (Qa) conteniendo abundantes restos fósiles marinos de la Formación Lo Valdés y bloques sedimentarios fosilíferos de la Formación Río Damas.

En efecto, si bien es cierto las instalaciones Bocatoma, Desarenador, Lote de acopio marina, portal V1, Lote campamento, Polvorín, Almacenaje, Planta Cemento, Acopio1, Acopio 2 y Acopio 3 se emplazan superficialmente sobre depósitos aluviales, la evidencia del monitoreo en terreno reconoció una abundancia de grandes bloques rodados y clastos sedimentarios de menor tamaño pertenecientes a las Formaciones Río Damas con un Potencial Fosilífero Alto.

Debido a que las unidades geológicas fosilíferas son preexistentes a las cuencas fluviales (Ríos) al proyectar la continuidad geológica de las mismas se aprecia que parte residual de las formaciones deberían estar presentes en el subsuelo sobre el cual se apoyan los depósitos aluviales (Ver proyección de formaciones en mapa geológico Figura 9). Estos últimos apoyan esta hipótesis ya que también poseen bloques sedimentarios fosilíferos rodados estratificados conteniendo niveles con potenciales icnitas (Formación Río Damas) y abundantes fósiles marinos de la Formación Lo Valdés.

d) Daños por habilitación de servidumbres no autorizadas

La RCA del proyecto Alto Maipo contempla la habilitación para instalaciones de faena, sin embargo, se observan numerosos caminos de servidumbre que no se registraron formalmente, donde se intervinieron rocas fosilíferas sin contemplar ningún tipo de supervisión ambiental,

patrimonial o de monitoreo paleontológico ya que el camino citado no fue mencionado en los informes de monitoreo. En efecto se observa que han sido dañadas rocas con potencial Fossilífero Alto con valiosas estructuras sedimentarias, esto se debe a un recubrimiento con un revestimiento artificial de cemento con fibra de vidrio denominado Chokre. El área afectada comprende un buffer de varios metros a cada lado del camino, esto incrementa aún más el daño cometido sobre el componente patrimonial geológico y paleontológico de esta Formación generando, un daño muy grave e irreversible (Figuras 6 y 7) (Ver Puntos de Monitoreo MP31, MP32, MP33, MP34, MP35 y MP36; fotografías 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50).

e) Incumplimiento de la RCA en la señalética y cercos

Otra irregularidad detectada dentro del área del proyecto Alto Maipo corresponde al no cumplimiento de las obligaciones establecidas en la RCA (Resolución de Calificación Ambiental) punto 7.3.6.3 (página 41 RCA 256/09), la cual exige la presencia de señalética informativa y cercos para la precaución y protección de áreas paleontológicas.

En efecto, en terreno se observó que toda la señalética existente en el proyecto Alto Maipo presenta una falencia de tamaño siendo extremadamente pequeña. La información impresa en la señalética es precisamente lo que justifica su existencia y por ello la exigencia de la RCA no se ha cumplido de manera correcta, ya que la información de los letreros de Alto Maipo solo es visible a menos de un metro de distancia, por lo tanto, no cumplen su función (puntos MP3, MP10 y MP14; Ver fotografías 4, 13 y 19).

Otra falencia que se observó fueron las medidas de protección físicas determinada por los cercos de delimitación patrimonial muchos de los cuales se encontraron en mal estado o mal localizados. Un cerco en mal estado o mal ubicado no cumple su función por lo que no resulta en un no cumplimiento con lo establecido en la RCA (MP17; Fotografía 23).

f) Hallazgos de relevancia científica nacional e internacional

En las áreas asociadas al proyecto Alto Maipo se detectó la existencia de varios bloques de roca pertenecientes al Miembro Zanzi de Formación Río Damas, conteniendo abundantes bioturbaciones y trazas fósiles (paleoicnitas) de edad Jurásico (alrededor de 157 millones de años de edad). El análisis preliminar de estos fósiles permite identificarlos como huellas (rastrilladas) de pequeños vertebrados terrestres siendo estos registros únicos en su tipo tanto en Chile como en Sudamérica. Estos nuevos registros representan hallazgos paleontológicos de extraordinaria relevancia científica y patrimonial (Fotografías 26, 30, 31, 32 y 56).

g) Conclusiones generales

Finalmente, una vez realizado los análisis y observaciones pertinentes desarrollados a través del presente informe, se considera que el proyecto Alto Maipo ha generado daños irreversibles al patrimonio paleontológico existente en parte de su área de emplazamiento en el Parque Las Arenas, en razón que buena parte de las instalaciones del proyecto Alto Maipo ya fueron

establecidas y posicionadas físicamente en terreno -aunque sigue el proceso de construcción- el impacto sobre el patrimonio paleontológico se considera como irreversible, sosteniéndose esta aseveración sobre la base y hecho primordial de que el mismo ha desarrollado sus actividades sobre unidades geológicas sedimentarias con Potencial Fosilífero Alto (Ver figura 9) sin cumplir cabalmente los compromisos y obligaciones que exigía la RCA ni tampoco los reglamentos indicados por la Ley 17.288 de Monumentos Nacionales, impactando negativamente un valioso patrimonio paleontológico como es el caso de Formación Lo Valdés y en especial aquel de la Formación Río Damas, comprendiendo fósiles de gran relevancia científica y patrimonial a nivel nacional e internacional. Parte de los impactos y de los daños provocado sobre el patrimonio fósil del área son irreversibles como bien ha quedado explicitado en el presente estudio. En caso de no cumplir con la RCA se seguirán produciendo daños irreversibles en el Valle las Arenas.

Si bien es cierto, existen varios factores específicos que han determinado este diagnóstico, siendo el origen principal de la afectación negativa a los bienes patrimoniales la insuficiente base de datos e insumos generados por los estudios paleontológicos de línea base inicial, así como también por causa de la insuficiencia técnica en los informes de monitoreo posteriores y la existencia de un precario seguimiento y fiscalización del tema paleontológico con medidas asociadas por el titular del proyecto Alto Maipo extremadamente deficientes que impidieron un cumplimiento cabal de las obligaciones básicas establecidas por la RCA para velar con la conservación y resguardo eficiente del patrimonio natural y cultural mencionado.

A nuestro juicio, los encargados del proyecto Alto Maipo han actuado de manera culpable o posiblemente de forma dolosa, debido a que no han empleado el debido cuidado en sus protocolos de actuación y no han informado a las autoridades sobre los descubrimientos que fueron realizados al momento de iniciar la construcción del proyecto Alto Maipo, los cuales creemos que fueron ocultados intencionalmente por Alto Maipo en razón de la cantidad de infracciones y daños encontrados por nuestro equipo, siendo muchos de ellos evidentes para cualquier paleontólogo. Es evidente que no se dio cumplimiento a la obligación legal establecida en el artículo 26 de la Ley 17.288 de Monumentos Nacionales, la cual indica expresamente que:

“Toda persona natural o jurídica que al hacer excavaciones en cualquier punto del territorio nacional y con cualquier finalidad, encontrare ruinas, yacimientos, piezas u objetos de carácter histórico, antropológico, arqueológico o paleontológico, está obligada a denunciar inmediatamente el descubrimiento al Gobernador Provincial, quien ordenará a Carabineros que se haga responsable de su vigilancia hasta que el Consejo se haga cargo de él.”

Se observó afectación de componentes patrimoniales como resultado de perforaciones a gran escala. El principal daño se produjo por la construcción de un túnel subterráneo que atraviesa la Formación Lo Valdés, desde el área de Parque Las Arenas hacia el norte con la finalidad de conectar con el valle del Río Yeso. Este impacto ha sido supuestamente mitigado mediante monitoreos paleontológicos quincenales a las llamadas marinas (grandes acopios de rocas sedimentarias fosilíferas) obtenidas como resultado de excavaciones realizadas en Formación Lo Valdés, sin embargo los informes de monitoreo carecen de detalles básicos y existen

inconsistencia en cuanto a los potenciales paleontológicos reconocidos con la realidad, y lo establecido según estándares exigidos por la Guía de Informes Paleontológicos del CMN.

Se observó la afectación y utilización de rocas sedimentarias con componentes patrimoniales pertenecientes a la unidad geológica Lo Valdés, como rellenos artificiales en diversos sectores del proyecto Alto Maipo. Esto se observó en las numerosas plataformas de origen antrópico que sostienen las instalaciones existentes dentro el proyecto Alto Maipo. Esto generó un daño irreparable sobre las unidades fosilíferas, ya que están cubiertas de manera artificial.

Debido a todo lo expuesto en este informe, debe reconsiderarse u observarse medidas de compensación acordes con los impactos provocados. Se debería cotejar y aproximar la riqueza fosilífera impactada mediante una estimación de la afectación real o volumétrica, proyectándose las unidades geológicas fosilíferas sobre el área de intervención del proyecto Alto Maipo.



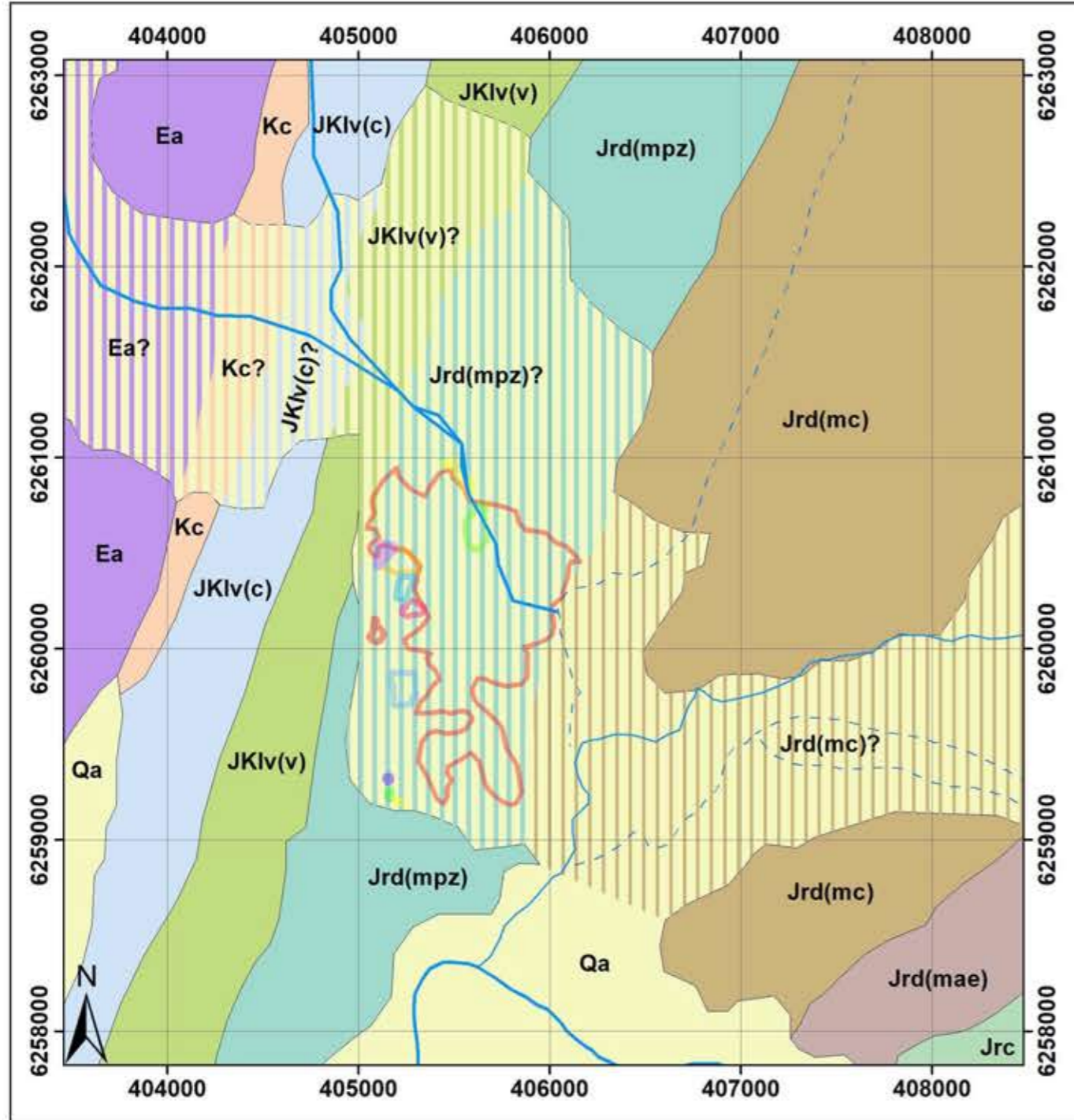
Mario E. Suarez P.

Especialista en Paleontología

Figura 9: Mapa geológico escala 1:25.000. Se observa área del proyecto con proyecciones de las Formaciones Geológicas existentes.

Mapa modificado de Calderon 2008

Escala 1:25.000 Leyenda



Área de estudio

Áreas alto Maipo

- Bocatoma
- Desarenador
- Lote Acopio Marina
- V1
- Lote Campamento
- Polvorin
- Almacenaje
- Planta Cemento
- Acopio 1
- Acopio 2
- Acopio 3
- Estero
- Quebrada
- Río

Litología

Unidades estratificadas

- Qa
Depósitos Aluviales
- Ea
Formación Abanico
- Ea?
Formación Abanico?
Proyección Formación Abanico
- Kc
Formación Colimapu
- Kc?
Formación Colimapu?
Proyección Formación Colimapu
- JKIv(c)
Formación Lo Valdés (sedimentaria)
- JKIv(c)
Formación Lo Valdés?
Proyección Formación Lo Valdés (sedimentaria)
- JKIv(v)
Formación Lo Valdés (volcanica)
- JKIv(v)?
Formación Lo Valdés?
Proyección Formación Lo Valdés (volcánica)
- Jrd(mpz)
Formación Río Damas (miembro punta zanzi)
- Jrd(mpz)?
Formación Río Damas?
Proyección Formación Río Damas (miembro punta zanzi)
- Jrd(mc)
Formación Río Damas (miembro catedral)
- Jrd(mc)
Formación Río Damas?
Proyección Formación Río Damas (miembro catedral)
- Jrd(mae)
Formación Río Damas (miembro aguja escondida)
- Jrc
Formación Río Colina



Fuente: Elaboración propia (Modificado de Calderon 2008; Nuñez 2018 y Sernageomin 2003)

7. Bibliografía

AGUIRRE, L. 1960. Geología de Los Andes de Chile Central. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín, No. 9, 70 p., 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.

ÁLVAREZ, P.P., AGUIRRE-URRETA, M., GODOY, E., RAMOS, V.A., 1997. Estratigrafía del Jurásico de la Cordillera Principal de Argentina y Chile (33° 45' - 34° 00' LS). *Actas III Congreso Geológico Chileno*, 1:425-429.

BIRÓ, L., 1964. Estudio sobre el límite entre el Titoniano y el Neocomiano en la Formación Lo Valdés, Provincia de Santiago, principalmente en base a Ammonoideos. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 118 pp. Santiago.

BIRÓ, L. 1980. Estudio sobre el límite entre el Titoniano y el Neocomiano en la Formación Lo Valdés, Provincia de Santiago (33°50'S), Chile; principalmente sobre la base de ammonioideos. Congreso Argentino Paleontología y Bioestratigrafía N° 2 y Congreso Latinoamericano de Paleontología N° 1. Vol. 1: 137-152. Buenos Aires.

CALDERÓN, S. 2008. Condiciones físicas y químicas del metamorfismo de muy bajo grado de las secuencias mesozoicas en el valle del Río Volcán (33°50'-34°00'S). Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 107 pp. Santiago.

CALDERÓN, S.; GARRIDO, G.; OLIVEROS, V.; AGUIRRE, L. & VERGARA, M. 2009. Estratigrafía y metamorfismo de las formaciones Río Damas y Lo Valdés y su contacto con unidades cenozoicas, valle del Río Volcán (34°S), Chile Central. Congreso Geológico N° 12: S10-010. Santiago.

CHARRIER, R y MUÑOZ, N., 1994. Jurassic Cretaceous palaeogeographic evolution of the Chilean Andes at 23°-24° S Latitude and 34°-35°S Latitude: A comparative analysis. In: Reutter, K-J., Scheuber, E. & Wigger, P. (editores): *Tectonics of the Southern Central Andes*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 233-242.

CHARRIER, R., WYSS, A.R., FLYNN, J.J., SWISHER, C.C. III, NORELL, M.A., ZAPATTA, F., MCKENNA, M. C., NOVACECK, M.J., 1996. New evidence for late Mesozoic - early Cenozoic evolution of the Chilean Andes in the upper Tinguiririca valley (35° S), Central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, 9(2):1-30.

CHARRIER, R., BAEZA, O., ELGUETA, S., FLYNN, J.J., GANS, P., KAY, S.M., MUÑOZ, N., WYSS, A.R. and ZURITA, E., 2002. Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33°-36° S.L.). *Journal of South American Earth Sciences*, 15:117-139.

FLYNN, J. & WYSS, A., 1990. New early Oligocene marsupials from the Andean Cordillera, Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 9 (Suppl. 3), 22A.

Flynn, J.J., A.R. Wyss, and R. Charrier. 2007. South America's Missing Mammals. *Scientific American*, May: 68--75

FLYNN, J.J., NORELL, M.A., SWISHER, C.C. III, WYSS, A.R., 1991. Pre-Deseadan, post-Mustersan mammals from central Chile: an update. *J. Vertebr. Paleontol.* 11 (Supplement to No. 3), 29A.

FLYNN, J.J., WYSS, A.R., CHARRIER, R., SWISHER III, C.C., 1995. An early Miocene anthropoid skull from the Chilean Andes. *Nature*, 373, 603–607.

FLYNN, J.J., WYSS, A.R., 1998. Recent advances in South American mammalian paleontology. *Trends Ecol. Evol.* 13, 449-454.

FLYNN, J. WYSS, A. CROFT, D. CHARRIER, R. 2003. The Tinguiririca Fauna, Chile: biochronology, palaeoecology, biogeography, and a new earliest Oligocene South American Land Mammal "Age". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 195, N° 3/4., 229-259.

FLYNN, J.J., WYSS, A.R., 2004. A polydolopine marsupial skull from the Cachapoal Valley, Andean Main Range, Chile. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 285, 80–92

FLYNN, J.J., CROFT, D.A., HITZ, R.B., WYSS, A.R., 2005. The Tapado Fauna (?Casamayoran SALMA), Abanico Formation, Tinguiririca Valley, central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 25 (Suppl. 3), 57A–58

FUENTES, F.; VERGARA, M.; NYSTÖM, J. O.; LEVI, B.; AGUIRRE, L. 2000. Geology and geochemistry of Tertiary volcanic rocks from the Cuesta de Chacabuco area. In Congreso Geológico Chileno, No. 9, Actas, Vol. 2, p. 656-659. Puerto Varas.

FUENTES, F.; VERGARA, M.; AGUIRRE, L. y FERAUD, G. 2002. Relaciones de contacto de unidades volcánicas terciarias de los Andes de Chile central (33°S): una reinterpretación sobre la base de dataciones $40\text{Ar}/39\text{Ar}$. *Rev. geol. Chile*[online]. 2002, vol.29, n.2, pp.207-225

GANNA, P. & WALL, R. 1997. Evidencias geocronológicas $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ y K-Ar de un hiatus Cretácico Superior-Eoceno en Chile central (33°-33°30'S). *Revista Geológica de Chile*. Vol. 24: 145-163. Santiago.

GIAMBIAGI, L.; ÁLVAREZ, P.; GODOY, E. & RAMOS, V. 2003. The control of pre-existing extensional structures on the evolution of the southern sector of the Aconcagua fold and thrust belt. *Tectonophysics*. Vol. 369: 1-19.

GUIA PARA LA CONFECCION DE INFORMES PALEONTOLOGICOS. Consejo de Monumentos Nacionales. Año 2016. https://www.monumentos.gob.cl/sites/default/files/guia_paleo_0.pdf

GONZÁLEZ, O., 1963. Observaciones geológicas en el valle del Río Volcán. *Revista Minerale*s, Santiago, Vol. 17, N° 81, p. 20-61.

HALLAM, A.; BIRÓ, L. & PEREZ, E. 1986. Facies analysis of the Lo Valdés Formation (Tithonian-Hauterivian) of the High Cordillera of central Chile, and the palaeogeographic evolution of the Andean Basin. *Geological Magazine*. Vol. 123 (4): 425-435.

HINOJOSA, L.F. 1996. Estudio Paleobotánico de dos taofloras terciarias en la precordillera de Santiago de Chile Central (La Dehesa) e inferencias sobre la vegetación y el clima Terciario de Austrosudamérica. Tesis Magister (Inédito), *Universidad de Chile*, 156 p.

JERALD D. HARRIS & KENNETH J. LACOVARA (2004) Enigmatic Fossil Footprints from the Sundance Formation (Upper Jurassic) of Bighorn Canyon National Recreation Area, Wyoming, *Ichnos: An International Journal for Plant and Animal Traces*, 11:1-2, 151-166, DOI: 10.1080/10420940490442304

KIETZMANN, D. & VENNARI, V. 2013. Sedimentología y estratigrafía de la Formación Vaca Muerta (Titoniano-Berriasiano) en el área del cerro Domuyo, norte de Neuquén, Argentina. *Andean Geology*. Vol. 40: 41-65. Santiago.

KIETZMANN, D.; PALMA, R.; RICCARDI, A.; MARTÍN-CHIVELET, J. & LÓPEZ-GÓMEZ, J. 2014. Sedimentology and sequence stratigraphy of a Tithonian-Valanginian carbonate ramp (Vaca Muerta Formation): A misunderstood exceptional source rock in the Southern Mendoza area of the Neuquen Basin, Argentina. *Sedimentary Geology*. Vol. 302: 64-86.

KLOHN, G. 1960. Geología de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. Instituto de Investigaciones Geológicas Chile. Boletín 8: 95 pp. Santiago.

MARTÍNEZ, R.; OSORIO, R., 1963. Consideraciones preliminares sobre la presencia de Carófitas fósiles en la Formación Colimapu. *Revista Minerales N9, Santiago*. 82:28-43

MORENO, K. 2007. Informe Preliminar. Material de interés paleontológico en Sector Alto Río Volcán. Inédito, 7 p.

MUÑOZ, M., 2005. Geoquímica, metamorfismo y petrogénesis de la franja oriental, de la Formación Abanico en Chile Central, área de El Volcán, Cajón del Maipo (33°50'S, 70°12'-70°05'W). *Universidad de Chile*.

NUÑEZ, E. 2015. Ambiente de sedimentación y estratigrafía secuencial de las Formaciones Baños Morales, Lo Valdés y los Estratos Cerro Rubillas, en la ladera norte del valle del Río Volcán (33°49'S), Chile central. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción facultad de ciencias químicas departamento ciencias de la tierra.

NYSTRÖM, J.O., VERGARA, M., MORATA, D., LEVI, B., 2003. Tertiary volcanism during extension in the Andean foothills of central Chile (33° 15'-33° 45'S). *GSA Bulletin* 15(12):1523-1537.

RAMOS, V.; AGUIRRE-URRETA, M.; ÁLVAREZ, P.; CEGARRA, M.; CRISTALLINI, E.; KAY, S.; LO FORTE, G.; PEREYRA, F. & PÉREZ, D. 1996. Geología de la Región del Aconcagua, provincias de San Juan y Mendoza. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Subsecretaría de la Nación. Anales 24: 510 pp. Buenos Aires.

ROSSEL, P.; OLIVEROS, V.; MESCUA, J.; TAPIA, F.; DUCEA, M.; CALDERÓN, S.; CHARRIER, R. & HOFFMAN, D. 2014. The Upper Jurassic volcanism of the Río Damas-Tordillo Formation (33°-35,5°S): Insights on petrogenesis, chronology, provenance and tectonic implications. *Andean Geology*. Vol. 41: 529-557. Santiago.

SALAZAR, C. 2012. The Jurassic-Cretaceous boundary (Tithonian-Hauterivian) in the Andean Basin, central Chile: Ammonite fauna, bio- and sequence stratigraphy and palaeobiogeography. Ph.D. Thesis. Universität Heidelberg (Inédito): 388 pp. Heidelberg.

SALAZAR, C. & STINNESBECK, W. 2015. Redefinition, stratigraphy and facies of the Lo Valdés and Baños Morales formations (Upper Jurassic – Lower Cretaceous) in central Chile. Museo Nacional de Historia Natural. Vol. 64: 41-68. Santiago.

SELLÉS, D. 1999. La Formación Abanico en el Cuadrángulo Santiago (33°15'-33°30'S; 70°30'-70°45'W), Chile central. Estratigrafía y geoquímica. Tesis de Doctorado. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 154 pp. Santiago.

SELLÉS, D., 2000. La relación discordante entre las Formaciones Abanico y Las Chilcas en la localidad de Angostura: implicancias regionales. *Actas IX Congreso Geológico Chileno, Puerto Varas*, 1:555-558.

SERNAGEOMIN 2003. Mapa Geológico de Chile: Versión digital. Base Geológica escala 1:1.000.000. *Servicio Nacional de Geología y Minería*. 22p.

SRUOGA, P.; ECHEVERRÍA, M.; FOLGUERA, A. & REPOL, D. 2000. Hoja Geológica 3569-I Volcán Maipo, Provincia de Mendoza. Servicio Geológico Minero Argentino. Vol. 290: 116 pp. Buenos Aires.

STANFORD, R.; LOCKLEY, M.; TUCKER C.; GODFREY S. y Stanford, S. 2018 A diverse mammal-dominated, footprint assemblage from wetland deposits in the Lower Cretaceous of Maryland. www.nature.com/scientificreports

TERRA IGNOTA 2019b. Compilado final de informes de seguimiento programa de monitoreo de paleontología, informe mensual de monitoreo de marinas N°80 - N°85 (30/07/2019) <http://snifa.sma.gob.cl/v2/SeguimientoAmbiental/Ficha/85239>

TERRA IGNOTA 2019a. Compilado final de informes de seguimiento programa de monitoreo de paleontología, informe mensual de monitoreo de marinas N°74 - N°79 (30/01/2019). <http://snifa.sma.gob.cl/v2/SeguimientoAmbiental/Ficha/78597>

STRABAG 2018. Compilado final de informes de seguimiento programa de monitoreo de paleontología, informe mensual de monitoreo de marinas octubre 2017 Marzo 2018 (31/07/2018). <http://snifa.sma.gob.cl/v2/SeguimientoAmbiental/Ficha/72332>

TERRA IGNOTA 2018. Compilado final de informes de seguimiento programa de monitoreo de paleontología, informe mensual de monitoreo de marinas N°63 - N°65 (31/01/2018) <http://snifa.sma.gob.cl/v2/SeguimientoAmbiental/Ficha/66306>

TERRA IGNOTA 2017b. Compilado i final de informes de seguimiento programa de monitoreo de paleontología, informe mensual de monitoreo de marinas N°57 - N°62 (28/07/2017) <http://snifa.sma.gob.cl/v2/SeguimientoAmbiental/Ficha/60123>

TERRA IGNOTA 2017a. Compilado i final de informes de seguimiento programa de monitoreo de paleontología, informe mensual de monitoreo de marinas N°51 - N°56 (20/01/2017) <http://snifa.sma.gob.cl/v2/SeguimientoAmbiental/Ficha/53966>

TERRA IGNOTA 2016b. Compilado final de informes de seguimiento programa de monitoreo de paleontología, informe mensual de monitoreo de marinas N°29 - N°50 (08/09/2016) <http://snifa.sma.gob.cl/v2/SeguimientoAmbiental/Ficha/49736>

TERRA IGNOTA 2016a. Compilado i final de informes de seguimiento programa de monitoreo de paleontología, informe mensual de monitoreo de marinas N°01 - N°24 (15/01/2016) <http://snifa.sma.gob.cl/v2/SeguimientoAmbiental/Ficha/42234>

THIELE, R., 1980. Hoja Santiago, Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile N° 29, 21p.

THIELE R. y GUTSTEIN. C. 2009. Patrimonio Geológico y Paleontológico sector Alto Volcán Complementación de Antecedentes. Informe inédito.

VARELA, N. PARTIERREU, D. CONTRERAS, K. AZÚA, P y F. MOURGUES, A., 2016. Monitoreo Paleontológico en Túnel: Caso Proyecto Alto Maipo. V Simposio De Paleontología de Chile, Concepción.

VERGARA, M., & DRAKE, R. 1978. Edades potasio - argón y su implicancia en la geología regional de Chile: Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Comunicaciones, 1-11 p.

VERGARA, M.; MORATA, D.; HICKEY-VARGAS, R.; LÓPEZ-ESCOBAR, L. & BECCAR, I. 1999. Cenozoic tholeiitic volcanism in the Colbun area, Linares Precordillera, central Chile (35°35'-36°S). *Revista Geológica de Chile*. Vol. **26** (1): 23-42. Santiago.

WALL, R., SELLES, D., GANA, P., 1999. Área Tilttil-Santiago, Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos, No. 11.

WYSS, A.R., FLYNN, J.J., NORELL, M.A., SWISHER, C.C. III, NOVACEK, M.J., MCKENNA, M.C. and CHARRIER, R., 1994. Palaeogene Mammals from the Andes of Central Chile: A preliminary taxonomic, biostratigraphic, and geochronologic assesment. *American Museum ovitae*, N^o 3098, 31 p.

8. Apéndice Fotografías.

Fotografía 1: Vista general del punto de monitoreo MP1 hacia el Sur. El mirador desde el cual se tomó la foto se emplaza sobre un relleno artificial que ha cubierto depósitos aluviales con grandes bloques con Potencial Fosilífero Alto de la Formación Río Damas y fragmentos de la Formación Lo Valdés (Baños Morales)



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 2: Vista en detalle del punto de monitoreo MP1 con bloque rodado conteniendo fósiles de ostreidos (*Gryphaea* sp.) de la Formación Lo Valdés.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3: Vista general en punto de monitoreo MP2 localizado en el sector de almacenaje de Proyecto Alto Maipo. Se aprecia un cargador frontal realizando movimiento de materiales sobre plataforma artificial hecho con rellenos de rocas y material de las Formaciones fosilíferas Río Damas y Lo Valdés.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 4: Vista general del relieve original del terreno para entender como era antes de su intervención. La foto fue tomada desde el punto de monitoreo MP3, en la zona de almacenaje emplazada sobre potentes rellenos de origen antrópico formados por rocas removidas de Formación Río Damas. Se observa el letrero (señalética) de supuesta protección paleontológica comprometido en RCA en mal estado, sin cumplir su labor debido a que resulta muy difícil leer el letrero sin tener que acceder a la zona de protección.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 5: Vista en General del punto de monitoreo MP4, se reconocen estratos de Formación Río Damas, con estructuras geológicas (Grietas de desecación)



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6: Vista de fósil alóctono (ammonoideo) en punto de monitoreo MP5, el cual se compone de rellenos antrópicos proveniente de Formación Lo Valdés.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 7: Vista general del punto de monitoreo MP5 mostrando enorme roca perteneciente a Formación Río Damas donde se aprecian hermosas estructuras geológicas consistentes en grietas de desecación). Se aprecia al fondo el área de plataforma de la planta de cemento formada por un gigantescos acopio de rocas fosilíferas removidas de la Formación Lo Valdés.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 8: Vista general en punto de monitoreo MP6 donde se observan instalaciones de la planta de cemento de Alto Maipo emplazadas sobre potentes espesores de rellenos de rocas sedimentarias más de 8 metros con potencial fosilífero formaciones de Lo Valdés y Río Damas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 9: Vista en general desde punto de monitoreo MP7 hacia el noreste donde se observan rocas de Formación Río Damas cubiertas por rellenos formados por rocas de la Formación Lo Valdés.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 10: Vista en general en punto de monitoreo MP8. Se observan rocas de Formación Río Damas, cubiertas por rellenos de rocas sedimentarias fosilíferas de la Formación Lo Valdés.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 11: Vista en general en punto de monitoreo MP9. Se observan rocas de Formación Río Damas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 12: Vista en general en punto de monitoreo MP10, se observa plataforma artificial de origen antrópico, sobre unidades pertenecientes a Formación Río Damas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 13: Vista general del punto de monitoreo MP10 emplazado sobre plataforma artificial con rocas sedimentarias fosilíferas de las formaciones Lo Valdes y Rio Damas para sostener línea de tubería. Se observa letrero de supuesta protección patrimonial el cual es ilegible y no cumple su función. Esta área no figura dentro de las intervenciones formales de Alto Maipo y representa un impacto importante sobre el patrimonio paleontológico al afectar a la Formación fosilífera Rio Damas cubriéndola con rellenos.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 14: Vista general del punto de monitoreo MP11, se observa una planicie natural con rocas pertenecientes a Formación Río Damas en el fondo del valle. Las rocas de la plataforma de relleno artificial sobre la cual se localiza este mirador de MP11 corresponden a fragmentos de roca provenientes de marinas con rocas de Formación Lo Valdés y también bloques de la Formación Río Damas. Estos rellenos cubren la superficie originaria del terreno, tanto las formaciones de roca como el suelo vegetal,



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 15: Vista en general hacia el Oeste con vista general de punto de monitoreo MP11 sobre rocas pertenecientes a Formación Río Damas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 16: Vista en general hacia el Oeste en punto de monitoreo MP12 mostrando enorme plataforma artificial de origen antrópico posicionada sobre rocas pertenecientes a Formación Río Damas y conformada por las mismas rocas quebradas formando un terraplén artificial.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 17: Vista general en punto de monitoreo MP12, rocas correspondientes a Formación Río Damas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 18: Vista general del punto de monitoreo MP13 sobre el cual se habilitará una tubería de Alto Maipo. Se observan evidentes intervenciones sobre rocas sedimentarias fosilíferas con estructuras sedimentarias de Formación Río Damas y la existencia de un enorme relleno de rocas sedimentarias fosilíferas como plataforma para la infraestructura proyectada.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 19: Vista general en punto de monitoreo MP14, lugar afectado inclusive con letrero de área de protección patrimonial. Se observan impactos evidentes sobre los bloques de roca de la Formación Río Damas con estructuras geológicas y un letrero de señalética con su contenido informativo de precauciones apenas visible.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 20: Vista general del punto de monitoreo MP15, se observan rocas sedimentarias fosilíferas pertenecientes a Formación Río Damas impactadas por obras de proyecto Alto Maipo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 21: Vista en detalle de fragmento de bloque sedimentario de la Formación Río Damas evidenciando grieta de desecación afectada por el proyecto Alto Maipo en punto de monitoreo MP15.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 22: Vista en detalle de roca conteniendo impresiones de gotas de lluvia afectada por el proyecto Alto Maipo en punto de monitoreo MP16. Se localizan en acopio de rocas sedimentarias que conforma la plataforma para habilitación de canal.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 23: Vista general en punto de monitoreo MP17 con presencia de abundantes rocas fosilíferas de la formación Río Damas. Se aprecia delimitación de sector paleontológico con cerco de protección patrimonial en mal estado y zona de infraestructuras de Desarenador.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 24: Vista en general de rocas pertenecientes a Formación Río Damas, en MP18. En sector cercano al desarenador.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 25: Vista en detalle de rocas de la formación Rio Damas con impresiones de gotas de lluvia en punto de monitoreo MP18.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 26: Vista en detalle de rocas sedimentarias fosilíferas perteneciente a Formación Río Damas (Miembro Punta Zanzi) en punto MP19. En este sector se detectó la existencia de varios paneles de roca conteniendo abundantes bioturbaciones y trazas fósiles asignables a pequeños vertebrados terrestres tales como reptiles y mamíferos. Estas rastrilladas fósiles de vertebrados son únicas en su tipo en Chile y Sudamérica y representan un hallazgo paleontológico de gran relevancia científica y patrimonial.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 27: Vista en general en punto MP20, se observa la construcción del desarenador del proyecto Alto Maipo, el cual se encuentra directamente sobre rocas fosilíferas de la Formación Río Damas. En algunos sectores el espesor de relleno con rocas sedimentarias de la plataforma alcanza aproximadamente 10 metros de altura.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 28: Vista general (Suroeste) del punto de monitoreo MP21, localizado aproximadamente a 50 metros hacia el oeste del Desarenador. Se observan infraestructuras camino al desarenador sobre plataformas antrópicas. El punto de la fotografía se afectó con rellenos y no aparece registrado como intervención formal de Alto Maipo



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 29: Vista en detalle de roca sedimentaria fosilífera de la Formación Río Damas en punto de monitoreo MP21. Esta evidencia impactos evidentes por explosivos utilizados por el proyecto Alto Maipo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 30: Vista en general del punto de monitoreo MP22 y bloque sedimentario de la Formación Río Damas conteniendo posibles icnitas de un representante de Dinosauria de gran tamaño (Moreno 2007). con posibles icnitas y estructuras sedimentarias (ondulitas). Se aprecian además abundantes estructuras sedimentarias representadas por ondulitas y en corte algunas grietas de desecación.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 31: Vista en detalle del punto de monitoreo MP22 con bloque sedimentario de la Formación Rio Damas conteniendo posibles icnitas de un representante de Dinosauria de gran tamaño (Moreno 2007).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 32: Vista en detalle rastrillada con icnitas de reptilia indet. en punto de monitoreo MP23.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 33: Vista en detalle de fósil alóctono (ammonoideo), proveniente de marinas de Formación Lo Valdés (Baños Morales) en punto de monitoreo MP24.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 34: Vista general del desarenador en punto de monitoreo MP25, se observan caminos realizados con rocas de Formación Lo Valdés.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 35: Vista general en punto de monitoreo MP26, se observan obras del Proyecto Alto Maipo sobre rocas de la Formación Río Damas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 36: Vista general en punto de monitoreo MP27 donde se observan rocas rodadas y in situ de la Formación Río Damas (Miembro Catedral) conteniendo abundantes grietas de desecación.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 37: Vista en general en punto de monitoreo MP28 con camino de servidumbre donde se observan depósitos aluviales (Qa) conteniendo grandes bloques de roca provenientes de Formación Río Damas cuyos afloramientos se aprecian localizados hacia el fondo de la foto.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 38: Vista de roca perteneciente a Formación Río Damas la cual se encuentra muy alterada y dañada en punto de monitoreo MP28 correspondiente a terraplén de camino de servidumbre construido con rocas sedimentarias fosilíferas de la misma unidad geológica.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 39: Vista general en punto de monitoreo MP29, corresponde a rocas con estructuras geológicas (grietas de desecación y ondulitas), pertenecientes a Formación Río Damas. Se observan evidentes impactos importante de los afloramientos de esa unidad en camino no registrado por Alto Maipo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 40: Vista general del punto de monitoreo MP30, corresponde a rocas estratificadas con potencial fosilífero Alto, pertenecientes a Formación Río Damas, estas poseen gran cantidad de estructuras geológicas como grietas de desecación y ondulitas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 41: Vista general de rocas pertenecientes a Formación Río Damas en MP30, se observan estructuras geológicas (ondulitas y cuarteos poligonales) cercanas a camino de servidumbre.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 42: Vista general del punto de monitoreo MP31, se observa el impacto realizado sobre las rocas pertenecientes a Formación Río Damas. Salpicaduras de cemento con fibra de vidrio (Chokre) para la habilitación del camino de servidumbre por el Proyecto Alto Maipo, estas poseen estructuras geológicas (ondulitas).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 43: Vista de gran bloque de roca sedimentaria conteniendo ondulitas en punto de monitoreo MP31. Se aprecia salpicaduras de cemento con fibra de vidrio (Chokre) a gran distancia del camino de servidumbre (entre 3 a 7 metros de distancia del mismo).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 44: Vista general del punto de monitoreo MP32 donde se observan rocas estratificadas de Formación Río Damas, estas presentan estratificación cruzada y grietas de desecación. Se encuentran afectadas por salpicaduras de cemento con fibra de vidrio (Chokre).



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 45: Vista en general en punto de monitoreo MP32 afectado parcialmente por salpicaduras de cemento con fibra a casi 10 mts. del camino de servidumbre habilitado.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 46: Vista general de punto de monitoreo MP33 en camino de servidumbre. Se observa el depósito de origen antrópico cubriendo rocas de potencial fosilífero Alto de la Formación Río Damas.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 47: Vista en general de punto de monitoreo MP34 mostrando afectación de buffer de camino de servidumbre entre Planta de Cemento y área de desarenador mostrando rocas con potencial fosilífero Alto pertenecientes a Formación Río Damas las cuales han sido completamente cubiertas con cemento y fibra de vidrio (Chokre) dañando irreversiblemente sus estructuras sedimentarias.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 48: Vista en detalle del punto de monitoreo MP34 al borde de camino de servidumbre, se observa que las rocas originales con estructuras sedimentarias significativas han sido totalmente cubiertas con capas de cemento y fibra.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 49: Vista general de afectación de rocas pertenecientes a Formación Río Damas por causa de revestimiento artificial de cemento con fibra de vidrio (Chokre) en punto de monitoreo MP35, afectando de manera significativa esas rocas con potencial fosilífero alto.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 50: Vista en general de afectación de rocas pertenecientes a Formación Río Damas debido a recubrimiento de cemento con fibra de vidrio (Chokre) en punto de monitoreo MP36.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 51: Vista general de punto de monitoreo MP37 con presencia de rocas sedimentarias fosilíferas de las formaciones Lo Valdes y Río Damas. Estas son utilizadas como relleno para plataformas de caminos de servidumbre de Alto Maipo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 52: Vista de punto de monitoreo MP37 donde se observa fósil de ammonoideo alóctono proveniente de afloramientos aledaños de la formación Lo Valdés. Este fósil forma parte del relleno utilizado para la plataforma de caminos de servidumbre del proyecto Alto Maipo.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 53: Vista en general en punto de monitoreo MP38 mostrando caminos de servidumbre hechos con rellenos compuestos por rocas fosilíferas provenientes de la Formación Lo Valdés.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 54: Vista en detalle del punto de monitoreo MP38 evidenciando un fósil rodado de *Trigonia* sp. de la Formación Lo Valdés. Los rodados que constituyen los cimientos de los caminos de servidumbre, estos contienen abundantes fósiles de invertebrados provenientes de las marinas recuperadas desde la excavación del túnel.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 55: Vista en general en punto de monitoreo MP39, se observa el material utilizado para la elaboración de caminos de servidumbre corresponde a rocas de Formación Lo Valdés con un potencial fosilífero Alto.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 56: Vista punto de monitoreo MP40, se observa roca perteneciente a Formación Río Damas con presencia de una rastrillada con icnitas de un pequeño vertebrado terrestre.



Fuente: Elaboración propia