DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

INCORPORACIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE ALFA SOLAR-SE KIMAL 2X220 KV

CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE PALEONTOLOGÍA

Noviembre 2026

Estefanía Fernández	**Paulina Brugerolles**	**Fernando Valdés**
ELABORADO POR	**REVISADO POR**	**APROBADO POR**
Especialista Paleontología	**Jefe de Proyectos**	**Gerente Área de Negocios Ambientales**

INDICE DE CONTENIDOS

2.4 CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE PALEONTOLOGÍA 5
2.4.1 INTRODUCCIÓN 5
2.4.1.1 Identificación del Sitio 5
2.4.1.2 Ubicación y Área del Proyecto 5
2.4.2 OBJETIVOS 7
2.4.2.1 Objetivo General 7
2.4.2.2 Objetivos Específicos 7
2.4.3 MARCO LEGAL 8
2.4.3.1 Patrimonio Paleontológico 9
2.4.3.2 Área de Influencia Paleontológica 9
2.4.4 METODOLOGÍA 10
2.4.4.1 Exigencias CMN para Elaboración del Informe 10
2.4.4.2 Categorías de Potencial Paleontológico 11
2.4.4.3 Revisión Bibliográfica 12
2.4.4.4 Inspección Visual y Prospección Paleontológica en Terreno 12
2.4.5 RESULTADOS DE LA BIBLIOGRAFÍA 13
2.4.5.1 Geomorfología Regional 13
2.4.5.2 Geomorfología Local 14
2.4.5.3 Geología Regional 15
2.4.5.4 Geología Local 16
2.4.6 PALEONTOLOGÍA 20
2.4.7 PROYECTOS CON EVALUACIÓN AMBIENTAL CERCANOS AL ÁREA DEL PROYECTO 23
2.4.8 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN PALEONTOLÓGICA EN TERRENO 26
2.4.8.1 Prospección y Puntos de Observación Paleontológica 26
2.4.8.2 Estratigrafía del Entorno del Proyecto 32
2.4.8.2.1 Estratigrafía 1 (PE-1 a PE-3) 33
2.4.8.2.2 Estratigrafía 2 (PE-4 y PE-5) 34
2.4.9 DISCUSIÓN 36
2.4.9.1 Potencialidad Paleontológica en el Área del Proyecto 36
2.4.10 CONCLUSIONES 39
2.4.11 RECOMENDACIONES 40
2.4.12 BIBLIOGRAFÍA 42
2.4.13 ANEXOS 44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación general y área del Proyecto. 6
Figura 2. Área de influencia del Proyecto. 10
Figura 3. Geomorfología del área del Proyecto. 15
Figura 4. Geología del área del Proyecto. 19
Figura 5. Registro fósil de la Región de Antofagasta cercanos al Proyecto. 23
Figura 6. Mapa distribución de proyectos de inversión cercanos sometidos a evaluación ambiental. 24
Figura 7. Prospección paleontológica pedestre. 27
Figura 8. Ubicación de puntos estratigráficos PE-1 a PE-5 en el sector ruta 24 – río Loa..... 33
Figura 9. Registros estratigráficos asociados a PE -1, PE -2 y PE -3. A) PE -1. E 442.486 m; n 7.536.271 m. B) PE -2. E 442.490 m; n 7.536.270 m. C) PE -3 cartografiado en e 442.499 m; n 7.536.272 m. 34
Figura 10. Registros estratigráficos correspondientes a PE -4 y PE -5. 35
Figura 11. Potencialidad paleontológica del área de influencia del Proyecto. 37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del Proyecto. 7
Tabla 2. Antecedentes paleontológicos regionales y próximos al área de influencia del Proyecto. 20
Tabla 3. Proyectos aledaños a la zona de estudio..... 24
Tabla 4. Puntos de observación durante prospección. 28
Tabla 5. Puntos estratigráficos (PE) levantados durante la prospección. 32
Tabla 6. Potencialidad paleontológica de las unidades geológicas presentes en el área de influencia y su entorno..... 38

INDICE ANEXOS

Anexo 1..... 44
Respaldos Área de Influencia 44
Anexo 2..... 45
Antecedentes Académicos 45
Anexo 3..... 49
Equipo Responsable de la Elaboración del Informe..... 49
Anexo 4..... 50
Protocolo de Hallazgo Fortuito Paleontológico 50

2.4 CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE PALEONTOLOGÍA

2.4.1 INTRODUCCIÓN

2.4.1.1 Identificación del Sitio

El presente informe expone los resultados del estudio bibliográfico y de la inspección visual de superficie realizada en el marco del Proyecto " Incorporación Línea de Alta Tensión SE Alfa Solar– SE Kimal 2x220 kV ", del Titular Pleiades S.A., emplazado en la comuna de María Elena, Provincia de Tocopilla, Región de Antofagasta.

El Proyecto corresponde a una línea de transmisión aérea de doble circuito 2x220 kV, de aproximadamente 4,33 km de longitud, que conectará el Parque Alfa Solar con la SE Kimal 220 kV. El trazado se desarrolla entre el marco de línea (ML) de la S/E Alfa Solar y el marco de línea de la SE Kimal, y se materializa mediante 15 estructuras reticuladas de acero galvanizado, además de los marcos de línea en ambos extremos.

Las obras asociadas al Proyecto corresponden a la construcción y habilitación de una línea de transmisión eléctrica de alta tensión, incluyendo instalación de estructuras, ejecución de fundaciones, montaje de elementos metálicos, tendido de conductores, habilitación y uso de caminos de acceso de 4 m de ancho, áreas de trabajo temporales, franja de seguridad, franja de servidumbre y demás obras auxiliares necesarias para la construcción, operación y mantención de la línea. Adicionalmente contempla, una subestación elevadora 220/33 kV destinada a recibir la energía generada por el Parque fotovoltaico, elevar su tensión desde 33 kV a 220 kV y transferirla al SEN conectando con S/E Kimal 220 kV, y un sistema de almacenamiento de energía (BESS).

Desde el punto de vista de la intervención del terreno, las actividades relevantes para la componente paleontológica corresponden a todo movimiento de tierra, excavación de fundaciones, escarpe, nivelación, apertura o mejoramiento de caminos de acceso, habilitación de plataformas de trabajo, tránsito de maquinaria, remoción de sedimentos naturales y cualquier intervención superficial o subsuperficial asociada a la ejecución de las obras dentro del área del Proyecto.

El Informe integra los antecedentes geológicos y paleontológicos disponibles para el área, la cartografía geológica regional, la literatura técnico-científica pertinente y los datos obtenidos durante la inspección visual de superficie.

2.4.1.2 Ubicación y Área del Proyecto

El Proyecto “Incorporación Línea de Alta Tensión SE Alfa Solar – SE Kimal 2x220 kV” se ubica en la comuna de María Elena, Provincia de Tocopilla, Región de Antofagasta. El trazado se emplaza en un sector de la Depresión Central caracterizado por condiciones de hiperaridez propias del Desierto de Atacama. El área se encuentra intervenida por infraestructura eléctrica y

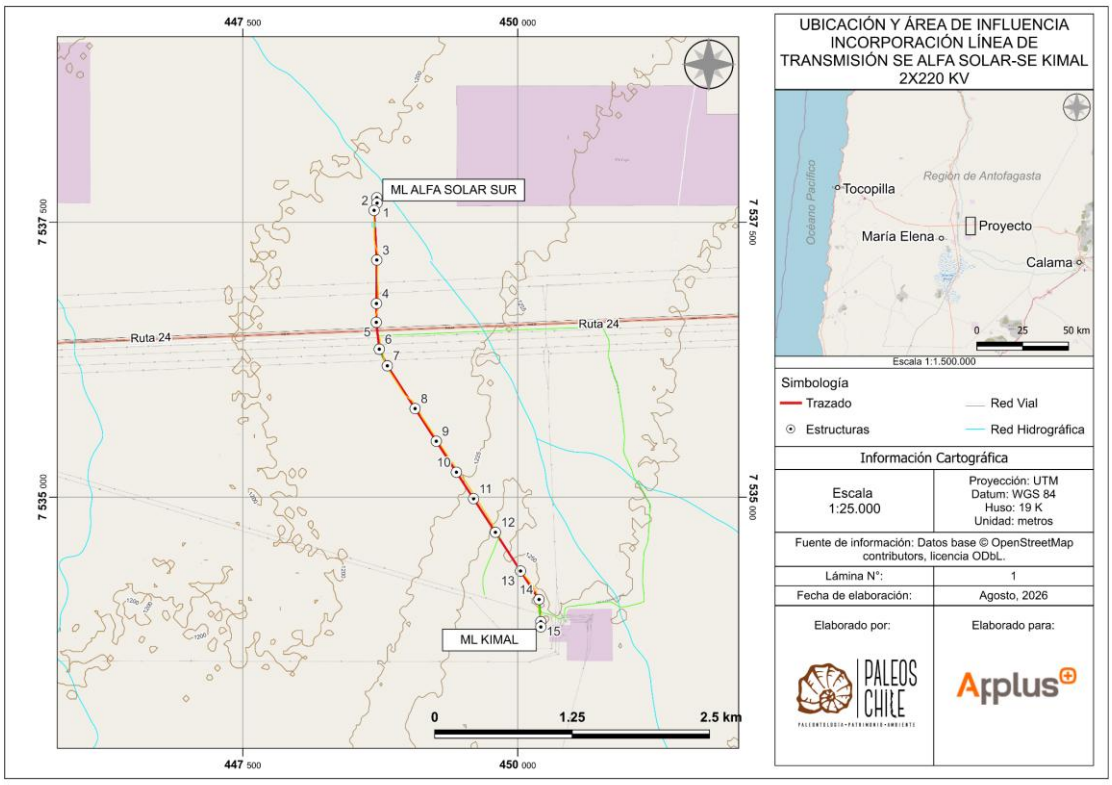
fotovoltaica asociada al desarrollo energético regional, además de caminos y accesos operacionales existentes.

El acceso al área del Proyecto se realiza a través de la Ruta 24, que conecta con la Ruta 5 en las proximidades de María Elena. Desde esta vía se desarrollan caminos internos y accesos operacionales que permiten la aproximación a los sectores donde se emplazan las estructuras proyectadas.

El trazado se inicia en el marco de línea de la SE Alfa Solar 220 kV, en las coordenadas UTM Este 448.718,65 m y Norte 7.537.721,18 m, a una cota de 1.201,74 m.s.n.m., y se desarrolla en dirección general norte-sur mediante ocho vértices hasta el marco de línea de la SE Kimal 220 kV, en las coordenadas UTM Este 450.209,51 m y Norte 7.533.820,07 m, a una cota de 1.250,70 m.s.n.m. En su recorrido, la línea cruza la Ruta 24, nueve líneas eléctricas existentes de distintos niveles de tensión y una línea proyectada en 220 kV.

El Proyecto considera una franja de servidumbre de 60 m de ancho total, correspondientes a 30 m a cada lado del eje de la línea, equivalente a 25,74 ha. Dicha franja, junto con las huellas de acceso y las áreas de trabajo asociadas a cada estructura, constituye la superficie considerada para la evaluación de la componente paleontológica.

Figura 1. Ubicación general y área del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

El trazado del Proyecto se encuentra definido por un eje lineal compuesto por 15 estructuras de alta tensión, además de los marcos de línea, cuyas coordenadas se presentan en sistema UTM, Huso 19S.

A continuación, en la Tabla 1 se indican las coordenadas del Proyecto.

Tabla 1. Coordenadas del Proyecto.

ID Estructura	UTM, Huso 19S (WGS84)	
	ESTE (m)	NORTE (m)
ML ALFA SOLAR SUR	448718.65	7537721.18
T1	448720.55	7537672.25
T2	448693.65	7537606.28
T3	448718.06	7537154.99
T4	448714.88	7536759.42
T5	448713.51	7536588.75
T6	448741.01	7536345.06
T7	448813.80	7536193.39
T8	449066.14	7535804.94
T9	449258.87	7535508.26
T10	449441.82	7535226.63
T11	449598.17	7534985.95
T12	449796.81	7534680.18
T13	450025.21	7534328.59
T14	450193.32	7534069.82
T15	450209.25	7533867.99
ML KIMAL	450209.51	7533820.07

Fuente: Titular del Proyecto.

2.4.2 OBJETIVOS

Para la elaboración de este informe en particular se han planteado los siguientes objetivos

2.4.2.1 Objetivo General

- Identificar y evaluar la existencia o la posibilidad de hallar patrimonio paleontológico en el área de influencia del proyecto para cumplir con la normativa ambiental y patrimonial

2.4.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar impactos significativos o no significativos en el área de influencia del Proyecto mediante una caracterización geológica y paleontológica del área.
- Levantar información de hallazgos fósiles en el área de influencia del Proyecto a través de una inspección visual sistemática del terreno.
- Relacionar los resultados con antecedentes geológicos y paleontológicos a nivel regional y local.
- Recomendar medidas de control en base a la potencialidad paleontológica identificada para el área de influencia del Proyecto.

2.4.3 MARCO LEGAL

En Chile, la protección del patrimonio paleontológico se encuentra sustentada en su estatus de Monumento Nacional, condición establecida en la Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales, que reconoce su valor científico, cultural y educativo, y lo declara patrimonio común de todos quienes habitan el país.

En este contexto, el presente documento ha sido elaborado de conformidad con lo dispuesto en la citada Ley N° 17.288 y su normativa complementaria, particularmente el Decreto Supremo N° 484 de 1990, que reglamenta las excavaciones y/o prospecciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas en territorio nacional, estableciendo que toda intervención requiere autorización previa del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN).

Para efectos de la evaluación ambiental, se ha considerado el artículo 11, letra f), de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que identifica la alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, de los pertenecientes al patrimonio cultural, como uno de los efectos, características o circunstancias que pueden dar origen a la necesidad de elaborar un Estudio de Impacto Ambiental. Esta referencia se incorpora como marco de evaluación ambiental y no sustituye la protección sectorial del patrimonio paleontológico, que deriva de la Ley N° 17.288 y del D.S. N° 484/1990. De igual forma, se han seguido los lineamientos metodológicos y técnicos definidos en la Guía para la elaboración de informes paleontológicos del CMN (2016), en adelante GIP.

El proyecto original “Parque Fotovoltaico Alfa Solar” fue evaluado ambientalmente mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y calificado favorablemente a través de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 0222/2021, de la Comisión de Evaluación de la Región de Antofagasta. En este contexto, la presente Declaración de Impacto Ambiental (DIA) tiene por objeto someter a evaluación ambiental una modificación del proyecto originalmente aprobado, correspondiente a la incorporación de una nueva alternativa de conexión eléctrica mediante la Línea de Alta Tensión 2x220 kV SE Alfa Solar – SE Kimal.

En este marco, el presente documento corresponde a la Caracterización Paleontológica de Línea Base asociada a la incorporación de la Línea de Alta Tensión 2x220 kV SE Alfa Solar – SE Kimal. Durante la prospección paleontológica superficial del Área de Influencia no se registraron hallazgos paleontológicos directos. No obstante, la determinación del potencial paleontológico del área considera, de manera integrada, los resultados obtenidos durante las actividades de terreno, la cartografía geológica disponible y los antecedentes paleontológicos documentados para las unidades geológicas presentes en el área y su entorno regional. Finalmente, el procedimiento aplicable ante eventuales hallazgos paleontológicos imprevistos durante la ejecución de las obras se presenta en el apartado de Recomendaciones y se detalla operativamente en el Anexo 4 del presente Informe.

2.4.3.1 Patrimonio Paleontológico

Para efectos del presente Informe, el patrimonio paleontológico comprende los fósiles, sus asociaciones y los contextos geológicos que los contienen. Su protección se sustenta en la normativa vigente citada precedentemente, particularmente en la Ley N° 17.288 y su reglamento. Las definiciones científicas que siguen se utilizan para orientar la identificación y evaluación técnica del componente.

Los fósiles son restos directos (por ejemplo, huesos, conchas, troncos fósiles) o indirectos (como huellas, pistas o coprolitos) de organismos que habitaron la Tierra en el pasado.

Habitualmente, el término se aplica a restos de más de 10.000 años de antigüedad con cierto grado de mineralización, mientras que los de menor antigüedad se denominan subfósiles.

Estos restos se preservan en rocas sedimentarias o en algunos depósitos volcánicos especiales, por lo que la evaluación de la litología es clave para determinar la susceptibilidad patrimonial de un área.

La paleontología, como ciencia de síntesis que integra la biología, la geología y otras disciplinas (biomecánica, química, informática), estudia dichos fósiles y sus contextos de preservación, permitiendo entender la evolución de la vida y los cambios ambientales a lo largo de la historia de la Tierra.

2.4.3.2 Área de Influencia Paleontológica

De acuerdo con el artículo 2 letra a) del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 40/2012, MMA), el área de influencia corresponde al espacio geográfico cuyos atributos naturales o socioculturales deben ser objeto de análisis para determinar los posibles efectos de un proyecto en relación con el artículo 11 de la Ley N° 19.300. Tratándose del patrimonio paleontológico, ello implica considerar tanto los fósiles como los yacimientos que los contienen, reconocidos expresamente en el artículo 21 de la Ley N° 17.288.

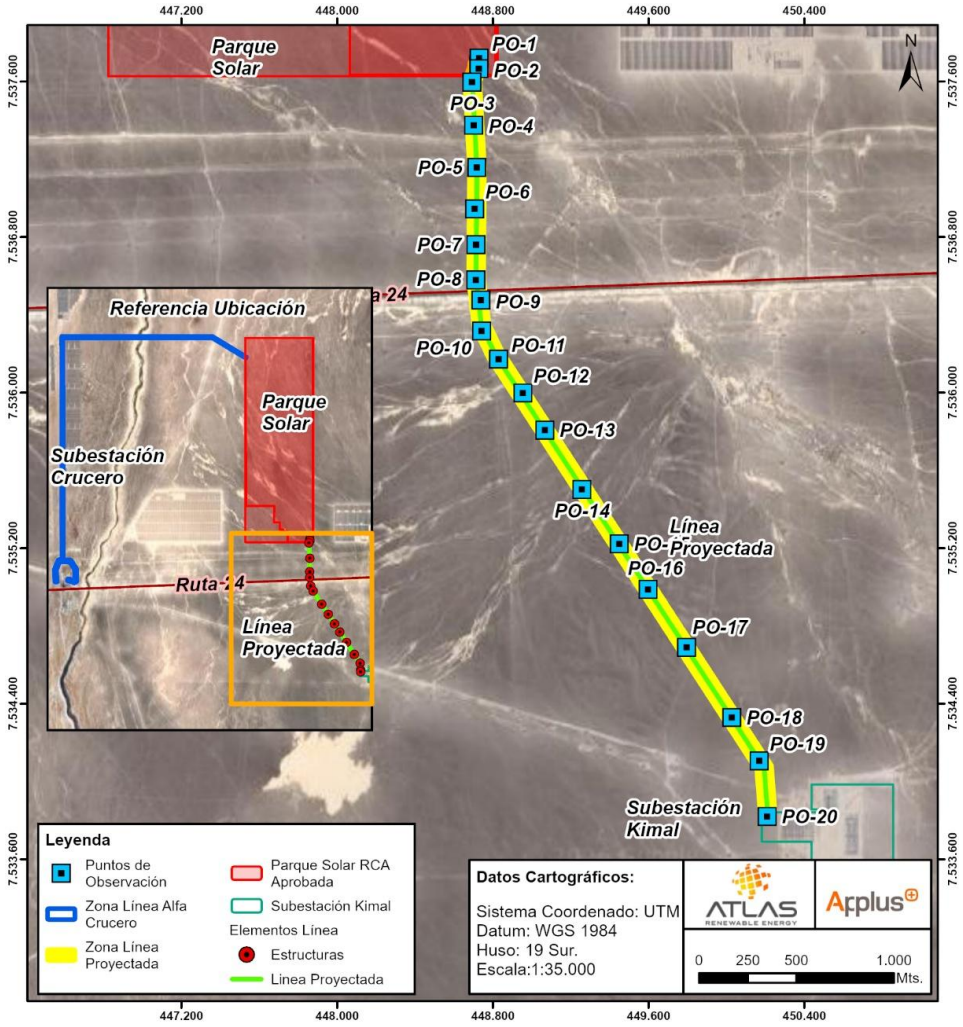
De este modo, el Área de Influencia de la componente paleontológica se define como el espacio geográfico en el que existe potencial de afectación sobre unidades sedimentarias fosilíferas o susceptibles, yacimientos paleontológicos y materiales fósiles aislados, que pudieran ser impactados por las obras y actividades del Proyecto (ver Figura 2).

Este marco conceptual permite delimitar el espacio sobre el cual se evalúa la componente paleontológica y orientar las acciones de gestión, asegurando que cualquier hallazgo imprevisto que pudiera producirse durante la ejecución de las obras sea abordado conforme a las obligaciones legales y técnicas vigentes.

Sobre esta base, el Área de Influencia de la componente paleontológica corresponde a la franja de servidumbre de 60 m de ancho (30 m a cada lado del eje), equivalente a 25,74 ha a lo largo

de los 4,34 km del trazado, más los caminos de acceso y las canchas de tendido asociadas a las estructuras. La superficie total del Área de Influencia asciende a 26,91 ha (269.115 m²), calculada sobre los polígonos del Proyecto sin doble contabilización de superficies superpuestas.

Figura 2. Área de Influencia del Proyecto.



Fuente: Titular del Proyecto.

2.4.4 METODOLOGÍA

2.4.4.1 Exigencias CMN para Elaboración del Informe

El presente informe ha sido preparado siguiendo la metodología establecida en la GIP (CMN, 2016), la cual establece que la elaboración de un Informe Paleontológico en el marco de un proyecto ingresado al SEIA, debe cumplir con las siguientes etapas:

Etapa 1: Recopilación de antecedentes e investigación en terreno

Durante esta etapa se debe realizar una revisión exhaustiva de antecedentes bibliográficos en literatura técnico-científica, que permitan acreditar el potencial fosilífero de la zona afectada por el proyecto. Así también, se debe sintetizar las excavaciones y movimientos de tierra a

realizar durante la ejecución del proyecto e informar de cualquier calicata y/o sondajes geológicos elaborada por el Titular. Por último, se considera la inspección visual de toda el Área de Influencia (en adelante, AI) del Proyecto, con el fin de caracterizar la secuencia estratigráfica en la superficie y subsuelo de éste. Incluye descripción geológica de los afloramientos, acompañado de fotografías, tracks y coordenadas geográficas.

Etapa 2: Elaboración de informe

Durante esta etapa se debe clasificar el área en una de las siguientes categorías: Estéril, Susceptible o Fosilífera. Aquellas unidades declaradas como susceptibles o fosilíferas deben ser descritas en detalle y se debe evaluar el impacto efectivo sobre las mismas, en base a la proyección de movimientos de tierra y otros antecedentes recabados. Si se determina que se afectarán áreas consideradas como fosilíferas, se debe hacer entrega de los antecedentes requeridos para otorgar el PAS 132, que habilita la realización de excavaciones bajo condiciones de monitoreo de dichas áreas una vez aprobada la RCA. Finalmente, se propondrán medidas de protección, mitigación y/o compensación de ser necesarias. Según lo anterior, en el Anexo 2 se entregan los perfiles profesionales de los paleontólogos a cargo del informe.

2.4.4.2 Categorías de Potencial Paleontológico

El Ítem 2.1 de la GIP (CMN, 2016), define tres categorías básicas en las que las unidades geológicas presentes en el área del proyecto deben clasificarse de acuerdo con su potencial fosilífero:

Estéril. Corresponden a aquellas rocas o sedimentos que, debido a su formación y estructura, poseen nulas posibilidades de contener fósiles. Esto incluye unidades que correspondan a cuerpos intrusivos (formados por la solidificación de magma) y productos volcánicos de alta temperatura y energía (ej. coladas de lava), excepto ciertos tipos de ignimbritas. En caso de tener una unidad sedimentaria sin antecedentes bibliográficos de presencia de fósiles y que, en terreno, se haya constatado que no tiene fósiles ni características sedimentológicas propicias para tenerlos (ej. Flujo altamente energético), podrá incluirse en esta categoría.

Susceptible. Corresponden a aquellas 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. Esto incluye una amplia gama de sedimentos no consolidados (ej. limos, arenas, conglomerados), rocas derivadas de éstos con (ej. pizarra) o sin metamorfismo (ej. areniscas) y productos volcánicos de moderada a baja energía (ej. tobas).

También se incluyen en esta categoría unidades que han sido cartografiadas con una escala inadecuada, para localizar dónde se encuentran sus niveles susceptibles y/o fosilíferos.

Fosilífera. Son aquellas unidades sedimentarias y volcano sedimentarias, para las cuales se ha reportado previamente la presencia de fósiles sea a través de la literatura (artículos y resúmenes

científicos, SEIA, etc.) o durante la inspección visual en terreno. En general, esto significa que aquellas rocas o sedimentos presentes dentro del área de estudio, para los cuales existen antecedentes bibliográficos de la presencia de fósiles, aun cuando éstos procedan de localidades relativamente distantes, deben ser consideradas fosilífera. En el caso de sedimentos no consolidados, éstos son considerados como fosilíferos si existen antecedentes de la presencia de fósiles en dichas facies dentro de la misma provincia.

2.4.4.3 Revisión Bibliográfica

Para evaluar la probabilidad de existencia de unidades litoestratigráficas portadoras de fósiles, se realizó una revisión bibliográfica en la cual se analizaron antecedentes paleontológicos y geológicos disponibles en la literatura especializada, con el objetivo de identificar aquellos sectores y unidades de potencial interés paleontológico dentro del área de estudio.

La primera etapa consistió en la revisión y análisis de la cartografía geológica disponible para la Región de Antofagasta. Se consideró el Avance geológico, Hoja Tocopilla, Región de Antofagasta, escala 1:250.000, de Ferraris (1978), cuya cobertura incluye el área de emplazamiento del Proyecto, y la Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, Cartas Tocopilla y María Elena, escala 1:100.000, de Medina et al. (2012). El trazado se localiza en el sector de transición entre ambas coberturas: Medina et al. (2012) se emplea directamente en los tramos comprendidos dentro de su extensión cartográfica, mientras que Ferraris (1978) se utiliza en los tramos situados al oriente de dicho límite. Estos antecedentes fueron complementados con las coberturas georreferenciadas disponibles y con información técnica de SERNAGEOMIN.

Además, se investigó la literatura técnico-científica del área donde se sitúa el Proyecto, lo que incluyó la base de datos del Servicio de Evaluación Ambiental (SEIA), los informes paleontológicos de proyectos cercanos disponibles en dicha plataforma, congresos y publicaciones científicas en revistas chilenas e internacionales, de manera de obtener toda la información existente para el área en estudio. Complementariamente, se revisaron los antecedentes técnicos del Proyecto entregados por el mandante, entre ellos la descripción de instalaciones, los planos de trazado y de fundaciones referenciales de la línea de transmisión, el archivo KMZ del trazado y las estructuras proyectadas, la Resolución de Calificación Ambiental N° 0222/2021 del Proyecto Parque Fotovoltaico Alfa Solar y las consultas de pertinencia asociadas a dicho proyecto.

2.4.4.4 Inspección Visual y Prospección Paleontológica en Terreno

Conforme a la Etapa 1 establecida en la GIP (CMN, 2016) y descrita en el punto 4.1, la caracterización del componente paleontológico contempla la inspección visual del Área de Influencia del Proyecto, con el objeto de verificar la presencia o ausencia de bienes paleontológicos en superficie y caracterizar el potencial de las unidades expuestas y del sustrato observable.

El método empleado corresponde a prospección lineal pedestre, recorriendo de manera sistemática la franja de servidumbre del Proyecto y sus accesos asociados. Los puntos de observación se definen priorizando los sectores con mayor exposición de sustrato natural y menor intervención antrópica previa —cortes, huellas, zanjas, márgenes erosionados y superficies de deflación—, así como la proximidad a las obras que implican remoción de terreno. La ubicación definitiva de cada punto se ajusta en terreno según accesibilidad, condiciones de exposición superficial y presencia de cobertura sedimentaria, por lo que la distribución efectivamente levantada se reporta en el capítulo 8.

En cada punto de observación se registra: coordenadas UTM (Datum WGS84, Huso 19S), descripción litológica y sedimentológica del sustrato expuesto, grado de intervención y visibilidad superficial, y presencia o ausencia de evidencias paleontológicas. El registro se acompaña de fotografías de contexto y detalle con elemento de escala. La cobertura del recorrido se respalda mediante trazas georreferenciadas, las que se adjuntan al presente Informe en formato KMZ.

Complementariamente, en cumplimiento de los requerimientos de caracterización estratigráfica establecidos para la inspección visual en terreno en el numeral 1.3 de la GIP (CMN, 2016), cuando las unidades de interés no presentan afloramiento dentro del Área de Influencia, se levantan puntos estratigráficos en afloramientos representativos de su entorno, con el objeto de caracterizar la secuencia en corte. Dichos puntos se emplean como referencia estratigráfica regional y su información no se extrapola al Área de Influencia.

2.4.5 RESULTADOS DE LA BIBLIOGRAFÍA

2.4.5.1 Geomorfología Regional

La Región de Antofagasta, ubicada en la zona norte de Chile, presenta una configuración geográfica y geomorfológica propia del Desierto de Atacama, modelada a lo largo de millones de años por procesos tectónicos, erosión prolongada bajo condiciones hiperáridas, escorrentía episódica y sedimentación aluvial.

Entre las principales morfoestructuras se encuentran, de poniente a oriente: Planicie litoral y acantilado costero, Cordillera de la Costa, Depresión Central o pampa interior, sistemas de quebradas y drenajes efímeros, planicies aluviales y superficies de acumulación, y Precordillera y Cordillera de los Andes.

Planicie litoral y acantilado costero: Corresponde al dominio occidental de la Región de Antofagasta, caracterizado por una estrecha franja litoral y por la presencia de un escarpe costero de gran desarrollo longitudinal. Este relieve marca el límite entre el borde oceánico y los relieves occidentales del continente, presentando pendientes abruptas, quebradas encajadas y depósitos asociados a procesos de remoción, erosión y acumulación en ambientes áridos. En el borde costero regional, la evolución geomorfológica ha estado vinculada al levantamiento

tectónico del margen continental, variaciones del nivel del mar y procesos erosivos que han contribuido al desarrollo del acantilado costero.

Cordillera de la Costa: Corresponde a una franja montañosa de orientación general norte-sur, ubicada entre el borde costero y las pampas interiores. Presenta relieves serranos, laderas abruptas, cordones rocosos y quebradas que drenan tanto hacia el océano Pacífico como hacia las depresiones interiores. Su configuración actual responde a la interacción entre la estructura tectónica regional, la erosión diferencial del sustrato y el desarrollo de drenajes de escurrimiento episódico bajo condiciones desérticas.

Depresión Central o pampa interior: Corresponde a una extensa unidad geomorfológica de bajo relieve relativo, ubicada entre la Cordillera de la Costa y los relieves orientales de la Región de Antofagasta. Esta unidad se caracteriza por amplias superficies llanas a suavemente onduladas, con baja pendiente general, escasa cobertura vegetal y alta continuidad lateral. En este contexto se desarrollan pampas desérticas, superficies de erosión y acumulaciones sedimentarias superficiales asociadas a procesos aluviales y eólicos. En el área local del Proyecto, esta morfología constituye el rasgo dominante del paisaje.

Sistemas de quebradas y drenajes efímeros: Corresponden a cauces secos, quebradas menores y líneas de escurrimiento superficial que se activan principalmente durante eventos pluviométricos excepcionales. Estos sistemas generan incisiones suaves a moderadas sobre las superficies de pampa y permiten el transporte ocasional de gravas, arenas y limos.

Planicies aluviales y superficies de acumulación: Corresponden a sectores de baja pendiente donde se acumulan sedimentos transportados por escorrentía episódica, gravedad y acción eólica. Estas superficies están conformadas principalmente por gravas, arenas y limos sueltos a poco consolidados, dispuestos como mantos superficiales, rellenos de pequeñas depresiones, abanicos aluviales menores o acumulaciones asociadas a cursos de baja energía. En el contexto local, estas planicies favorecen el desarrollo de superficies abiertas, de buena continuidad lateral y con escasas irregularidades topográficas.

Precordillera y Cordillera de los Andes: Hacia el oriente de la Región de Antofagasta se desarrollan relieves de mayor altitud, asociados a la Precordillera y a la Cordillera de los Andes. Estos dominios presentan serranías, cuencas interiores, salares, volcanes y superficies elevadas, cuya evolución se relaciona con la tectónica andina, el volcanismo y la erosión en ambientes áridos de altura.

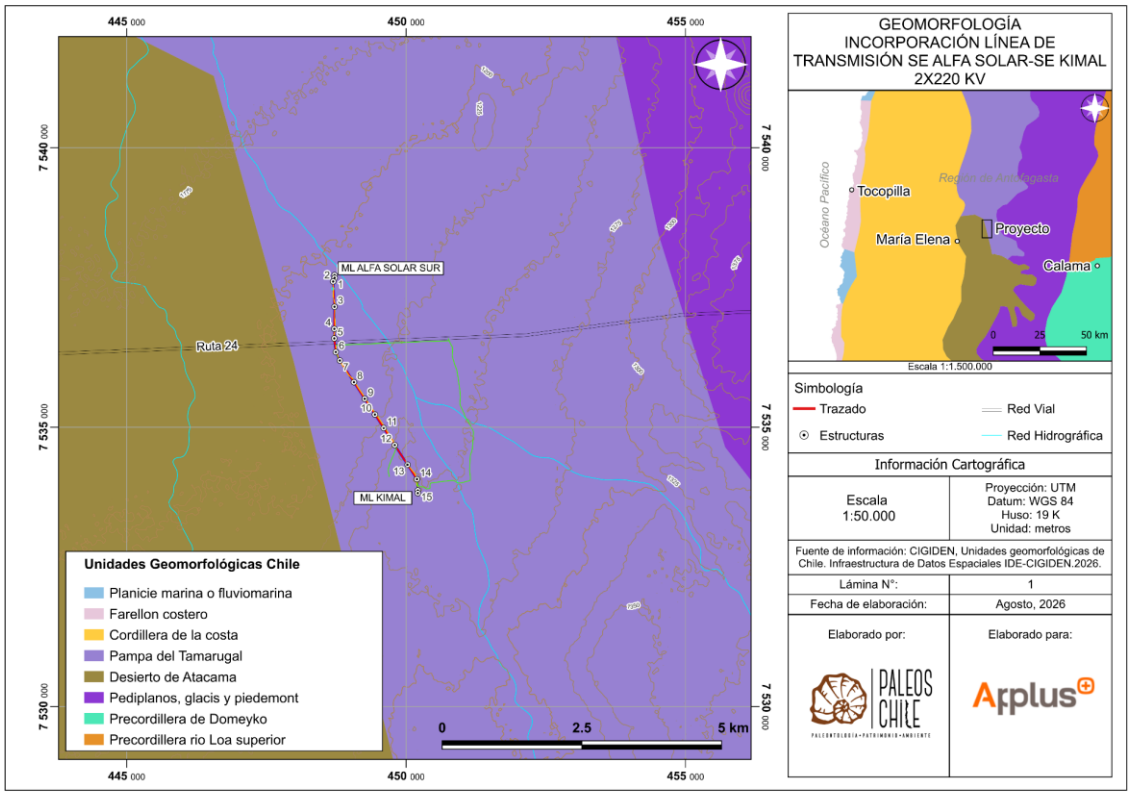
2.4.5.2 Geomorfología Local

En cuanto a la geomorfología local, el área de emplazamiento del Proyecto se desarrolla en el dominio de la Depresión Central o pampa interior de la Región de Antofagasta. Esta asignación geomorfológica no implica que el sustrato sea exclusivamente sedimentario: la cartografía geológica reconoce, dentro del mismo trazado, sectores donde aflora o subyace la Formación La Negra (Jv), además de depósitos aluviales cenozoicos. Por tanto, la geomorfología de pampa y

la presencia local de sustrato mesozoico no son categorías excluyentes y deben analizarse en escalas distintas.

En particular, el área de estudio se desarrolla sobre una superficie de relieve plano a suavemente ondulado, con predominio de formas planas a levemente convexas y una marcada continuidad lateral del terreno dentro del área de influencia del Proyecto. La morfología observada es representativa de las pampas interiores de la Región de Antofagasta, donde predominan superficies de baja pendiente, drenajes efímeros, rellenos aluviales en quebradas menores y acumulaciones superficiales asociadas a escurrimientos ocasionales. Estas condiciones constituyen el rasgo geomorfológico dominante del sector (Fig. 3).

Figura 3. Geomorfología del área del Proyecto.



Fuente: Extraído y modificado de IDE-CIGIDEN Unidades Geomorfológicas de Chile.

2.4.5.3 Geología Regional

La geología regional del sector Tocopilla–María Elena, en la Región de Antofagasta, refleja una evolución prolongada que abarca desde el Paleozoico hasta la actualidad, como resultado de la interacción de procesos tectónicos, magmáticos, sedimentarios, estructurales y geomorfológicos asociados al margen convergente del norte de Chile. Las unidades más antiguas corresponden a secuencias sedimentarias y volcanosedimentarias paleozoicas, entre las cuales destaca la Formación El Toco, reconocida como parte del basamento estratificado regional. Estas unidades constituyen el sustrato geológico sobre el cual se desarrolló posteriormente gran parte de la evolución mesozoica y cenozoica del área.

Durante el Mesozoico, la evolución regional estuvo marcada por el desarrollo del arco magmático jurásico–cretácico, ampliamente representado por la Formación La Negra y diversos cuerpos intrusivos asociados. La Formación La Negra constituye una de las unidades más extensas de la Cordillera de la Costa en el área de Tocopilla y María Elena, compuesta principalmente por lavas andesíticas, brechas volcánicas y niveles volcanosedimentarios, vinculados a un ambiente de arco magmático desarrollado en el margen continental activo. Esta unidad se encuentra intruida por cuerpos plutónicos y subvolcánicos que forman parte de la evolución magmática mesozoica reconocida regionalmente (Ferraris, 1978; Medina *et al.*, 2012).

Posteriormente, durante el Cretácico Superior, Paleógeno y Neógeno, la región experimentó una evolución tectono-sedimentaria asociada al desarrollo de cuencas de antearco y depocentros continentales emplazados entre la Cordillera de la Costa y la Precordillera. En este contexto se reconocen unidades sedimentarias y volcanosedimentarias continentales que registran ambientes dominados por sistemas aluviales, fluviales, volcanosedimentarios, evaporíticos, desarrollados bajo condiciones progresivamente áridas a hiperáridas propias del Desierto de Atacama (Medina *et al.*, 2012; Sáez *et al.*, 1999; Pueyo *et al.*, 2001).

A partir del Mioceno superior y durante el Plioceno, la evolución regional estuvo marcada por el desarrollo de sistemas sedimentarios fluvio-lacustres y lacustres asociados a la cuenca Quillagua–Llamara, ubicada en el antearco del norte de Chile. En este marco se reconoce la Formación Quillagua, compuesta por margas pulverulentas, diatomitas, travertinos, tufitas e intercalaciones lenticulares de conglomerados y areniscas, depositadas en ambientes lacustres marginales con eventos fluviales esporádicos. La evolución de estos sistemas lacustres estuvo controlada tanto por condiciones climáticas áridas a hiperáridas como por actividad tectónica, cambios en las redes de drenaje y modificaciones en el aporte hídrico desde la Precordillera y la cuenca de Calama (Rieu, 1975; Sáez *et al.*, 1999; Bao *et al.*, 1999; Jensen y Siglic, 2009; Medina *et al.*, 2012).

Durante el Pleistoceno y Holoceno, la configuración geológica regional estuvo dominada por la acumulación de depósitos aluviales, fluviales, coluviales, marinos litorales y antrópicos, asociados a la dinámica actual y subactual del paisaje hiperárido. Los depósitos aluviales pleistoceno-holocenos se disponen principalmente rellenando quebradas, cauces y sectores de baja pendiente, mientras que los depósitos fluviales activos se relacionan con los cauces del río Loa y río San Salvador. En el borde occidental, cercano a la Cordillera de la Costa, se desarrollan depósitos coluviales asociados al acantilado costero y depósitos marinos pleistoceno-holocenos, estos últimos con presencia de restos fósiles marinos en sectores costeros (Ferraris, 1978; Medina *et al.*, 2012).

2.4.5.4 Geología Local

La caracterización geológica del Área de Influencia se sustenta en el Avance Geológico, Hoja Tocopilla, Región de Antofagasta, escala 1:250.000 (Ferraris, 1978), por corresponder a la cartografía geológica sistemática de escala regional que cubre el área de emplazamiento del

Proyecto. Sobre esta base se establecen la asignación de las unidades geológicas presentes en el Área de Influencia y la posición de sus contactos.

Complementariamente se empleó la Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, Cartas Tocopilla y María Elena, escala 1:100.000 (Medina *et al.*, 2012). El área de emplazamiento del Proyecto se localiza en el límite oriental de la cobertura de esta carta, de modo que ambas fuentes cartográficas interceptan el Área de Influencia. Esta condición fue verificada sobre las coberturas georreferenciadas de ambas cartas y es consistente con lo desplegado por el Visor de Potencialidad Paleontológica del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN, 2024), que despliega ambas coberturas sobre el área del Proyecto. En consecuencia, la asignación cartográfica de unidades se establece a partir de Medina *et al.* (2012) en los tramos comprendidos dentro de su cobertura, por corresponder a la mayor resolución disponible, y a partir de Ferraris (1978) en los tramos situados al oriente de dicho límite. Esta última carta se emplea, además, como fuente de caracterización litológica, sedimentológica y de nomenclatura actualizada de las unidades reconocidas en el sector contiguo, las cuales presentan continuidad física y estratigráfica con las del área del Proyecto.

En los tramos cuya asignación proviene de Medina *et al.* (2012) la nomenclatura se emplea de forma directa, sin homologación. La correspondencia entre las unidades cartografiadas por Ferraris (1978) y la denominación empleada por Medina *et al.* (2012) se establece en el presente Informe sobre la base de las características litológicas, la posición estratigráfica y la continuidad lateral de los depósitos descritas en ambas fuentes. Dicha homologación no corresponde a una correlación formal previamente publicada y se declara expresamente como criterio adoptado por el equipo profesional responsable de este Informe.

Se hace presente que el Criterio de evaluación en el SEIA para el componente patrimonio cultural paleontológico (SEA, 2025) recomienda el empleo de cartografía geológica a escala de al menos 1:100.000. Dicha escala se satisface en los tramos del trazado comprendidos dentro de la cobertura de las Cartas Tocopilla y María Elena, escala 1:100.000 (Medina *et al.*, 2012). En los tramos situados al oriente del límite de dicha carta, la cartografía disponible corresponde a la escala 1:250.000 (Ferraris, 1978), resolución que se encuentra dentro del rango admisible establecido por dicho Criterio, pero por debajo de la escala recomendada. Esta condición constituye una limitación de la información bibliográfica disponible, la que es abordada mediante la inspección visual de superficie cuyos resultados se presentan en el capítulo 8.

De acuerdo con la cartografía geológica revisada, el Área de Influencia del Proyecto se emplaza sobre dos unidades: la Formación La Negra (Jv), sobre la cual se desarrolla la mayor parte del trazado, y los Depósitos aluviales del Mioceno-Plioceno (MPa), que ocupan su tramo norte. Las unidades restantes descritas en esta sección —Depósitos aluviales pleistoceno-holocenos (PlHa), Formación Quillagua (Pq) y Formación El Loa (Tsc)— corresponden a unidades reconocidas en el área del mapa geológico a escasa distancia del trazado, y se describen con el propósito de contextualizar la evolución geológica local, sin que intercepten el Área de Influencia del Proyecto (Fig. 4).

- **Unidades presentes en el Área de Influencia**

Formación La Negra (Jv)

Corresponde a una secuencia volcánica y volcanosedimentaria jurásica asociada al arco magmático del margen continental activo del norte de Chile, compuesta principalmente por lavas andesíticas, brechas volcánicas y niveles volcanosedimentarios intercalados, localmente intruida por cuerpos plutónicos y subvolcánicos. Constituye una de las unidades más extensas de la Cordillera de la Costa en el área de Tocopilla y Antofagasta (Ferraris, 1978; Maksaev & Marinovic, 1980). En la Hoja Tocopilla, Ferraris (1978) la asigna al Jurásico. Adicionalmente, Maksaev & Marinovic (1980) documentaron en esta misma formación niveles de calizas fosilíferas de edad sinemuriana al norte del Área de Influencia. Dentro de la sucesión local constituye el sustrato rocoso sobre el cual se desarrollaron las unidades sedimentarias cenozoicas.

Depósitos aluviales del Mioceno-Plioceno (MPa)

Corresponden a depósitos de grava arenosa, poco consolidados, que afloran ampliamente en el área de Tocopilla y María Elena. Litológicamente corresponden a gravas clasto-soportadas, poco consolidadas, mal seleccionadas, estratificadas en capas centimétricas, con clastos que varían de grano fino a grueso, que ocasionalmente alternan con capas centimétricas a milimétricas de arenas laminadas. Sobreyacen en discordancia a las unidades más antiguas reconocidas en el sector e infrayacen a los aluvios modernos. Se estima una edad comprendida en el intervalo Mioceno-Plioceno (Medina *et al.*, 2012).

- **Unidades entorno del Área del Influencia**

Depósitos aluviales pleistoceno-holocenos (PlHa)

Corresponden a acumulaciones sedimentarias recientes compuestas por gravas, arenas y limos poco consolidados, vinculadas a procesos de escorrentía episódica, transporte gravitacional y sedimentación aluvial bajo condiciones áridas. Rellenan quebradas y cursos de baja pendiente y pueden retrabajar depósitos y clastos procedentes de unidades más antiguas. En el presente Informe se utiliza la sigla PlHa, en concordancia con la nomenclatura representada en la Figura 3 y con los antecedentes de proyectos cercanos revisados. Esta unidad se reconoce en el entorno del Área de Influencia y no se considera una de las dos unidades cartográficas principales interceptadas por el trazado.

Formación Quillagua (Pq) (Mioceno superior-Plioceno inferior)

Definida en el área de Quillagua, comprende depósitos semiconsolidados dispuestos en estratos horizontales que conforman la cubierta calcárea de la pampa en una franja continua de orientación norte-sur, de coloración crema, blanquecina y gris. En su localidad tipo consiste en una sucesión de alrededor de 40 m de marga pulverulenta, diatomita, travertino y tufitas, con intercalaciones lenticulares de conglomerado y arenisca, en estratificación centimétrica a decimétrica (*Jensen y Siglic,* 2009). En el área de este estudio está representada por marga pulverulenta de color crema, diatomita blanca y caliza, con intercalaciones de travertino, lutita pardusca y grava arenosa gris, con un espesor variable entre 15 y 25 metros. Sus asociaciones

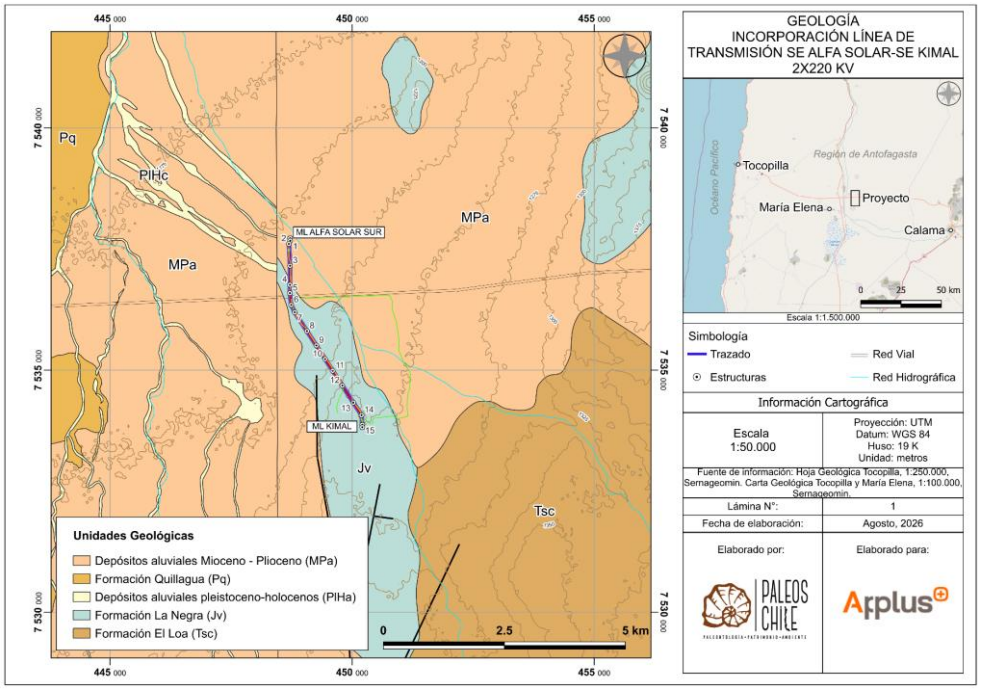
de facies representan un ambiente lacustre marginal con eventos fluviales esporádicos, siendo estos últimos considerablemente más abundantes hacia el sur, en el área correspondiente a la Carta María Elena (*Sáez et al.,* 1999).

La edad de la Formación Quillagua ha sido objeto de sucesivas precisiones. Rieu (1975) la asignó inicialmente al Pleistoceno inferior sobre la base del hallazgo de *Megatherium medinae*. Posteriormente, una datación radiométrica de 4,2 ± 0,4 Ma (K-Ar en biotita; Jensen, 1992), obtenida en tobas que la subyacen concordantemente en las cercanías de Quillagua, permitió extender su edad al inicio del Plioceno. Finalmente, una datación de 5,8 ± 0,4 Ma (K-Ar en biotita; *Sáez et al.*, 1999), obtenida en el cerro Mogote, al norte del salar de Llamara, en una capa de toba de ceniza intercalada en la formación, sitúa el inicio de su sedimentación a fines del Mioceno. En consecuencia, en el presente Informe se adopta la asignación de Naranjo y Paskoff (1982), que sitúa la Formación Quillagua en el Mioceno superior–Plioceno inferior, por ser consistente con las dataciones radiométricas disponibles.

Formación El Loa (Tsc)

Corresponde a una secuencia sedimentaria continental definida por Fuenzalida (en Hoffstetter *et al.*, 1957), constituida por rocas sedimentarias clásticas continentales (fanglomerados) en su base, correspondientes al miembro Tsc, y por calizas lagunares en su parte superior (Tcl), dispuestas en bancos horizontales y portadoras de fauna de agua dulce. Se dispone en discordancia sobre las rocas de la secuencia marina y continental de Cerritos Bayos, de edad jurásica, y se distribuye en la parte centro-oriental de la Hoja Tocopilla, en las inmediaciones del río Loa. Sobre la base de su contenido faunístico y del hallazgo de restos de mastodontes, se le asigna una edad pliocénica a pleistocénica inferior (Ferraris, 1978).

Figura 4. Geología del área del proyecto.



Fuente: Extraído y modificado de Hoja Tocopilla, escala 1:250.000, Sernageomin (Ferraris, 1978) y de Carta Geológica Tocopilla y María Elena, escala 1:100.000, Sernageomin (Medina *et al.,* 2012).

Cabe precisar que la Formación La Negra cuenta con registro fosilífero documentado en el sector. En los cuadrángulos Cerro de la Mica, Quillagua, Cerro Posada y Oficina Prosperidad, escala 1:50.000, se reconocen niveles de calizas intercalados en la secuencia volcánica, portadores de *Arnioceras* sp., *Oxytoma* sp., Arietitidae indet., *Serpula (Genicularia)* sp. y *Astarte* sp., asociación que permite asignar dichos niveles al Sinemuriano (Maksaev & Marinovic, 1980). El área cubierta por dichos cuadrángulos (21°30'-21°45' S / 70°00'-69°45' W) se localiza al norte del Área de Influencia y no se superpone al trazado del Proyecto, por lo que este antecedente no constituye cartografía base; no obstante, corresponde a la misma unidad litoestratigráfica y, en consecuencia, la Formación La Negra no puede ser tratada como unidad estéril.

2.4.6 PALEONTOLOGÍA

Esta sección describe la componente paleontológica en el Área de Influencia del Proyecto "Incorporación Línea de Alta Tensión SE Alfa Solar– Subestación Kimal 2x220 kV", emplazada en la comuna de María Elena, Provincia de Tocopilla, Región de Antofagasta, en cumplimiento de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, la Ley N°17.288 sobre Monumentos Nacionales y el D.S. N°484/1990, Reglamento sobre Excavaciones y/o Prospecciones Arqueológicas, Antropológicas y Paleontológicas.

A nivel local, la integración de Ferraris (1978) y Medina et al. (2012) indica que el Área de Influencia intercepta dos unidades geológicas principales: la Formación La Negra (Jv), que comprende la mayor parte del trazado, y los Depósitos aluviales del Mioceno-Plioceno (MPa), presentes principalmente en el tramo norte. La prospección superficial registró en los 20 puntos de observación una cobertura predominantemente gravosa, arenosa a limo-arenosa y localmente disturbada, sin exposición continua de roca volcánica en los puntos inspeccionados. Estas observaciones describen la superficie efectivamente visible, pero no sustituyen la asignación cartográfica del sustrato; por ello, la cobertura aluvial superficial observada sobre sectores cartografiados como Jv se interpreta como un manto superficial y no como evidencia suficiente para reasignar toda el Área de Influencia a MPa.
Los antecedentes paleontológicos revisados obligan a considerar ambas unidades con cautela. La Formación La Negra (Jv) presenta niveles fosilíferos documentados en la misma unidad litoestratigráfica, con Arnioceras sp., Oxytoma sp., Arietitidae indet., Serpula (Genicularia) sp. y Astarte sp. en niveles calcáreos sinemurianos descritos por Maksaev & Marinovic (1980). Para los depósitos MPa, el Informe de Paleontología del Proyecto Solar Antofagasta (2020), emplazado en la misma comuna, registró bioturbaciones indeterminadas de origen alóctono en los puntos PA17 y PA18 y clasificó la unidad como Fosilífera, con potencial medio-alto. Dichos hallazgos fueron interpretados como material posiblemente procedente de la Formación Quillagua (Fig. 5).

Tabla 2. Antecedentes paleontológicos regionales y próximos al área de influencia del Proyecto.

N°	Distancia al proyecto (km)	Tipo de hallazgo / evidencia	Taxonomía y sistemática (nivel)	Autores / fuente	Formación / Unidad	Coordenadas UTM aprox.
1	6 km	Calizas lacustres-palustres con acumulaciones	Gastropoda indet.; trazas de raíces;	Sáez *et al.* (1999), sección	Formación Quillagua.	E 442.239 N 7.536.225

N°	Distancia al proyecto (km)	Tipo de hallazgo / evidencia	Taxonomía y sistemática (nivel)	Autores / fuente	Formación / Unidad	Coordenadas UTM aprox.
		bioclásticas, facies carbonatadas y trazas de raíces.	asociaciones lacustres-palustres.	Puente Posada.		
2	8 km	Invertebrados marinos fósiles en areniscas de grano medio con matriz lutítica.	Ammonoidea indet.; *Perisphinctes* sp.; *Inoceramus* sp.; *Gryphaea* sp.; *Aptychus* sp.	Skarmeta & Marinovic (1981).	Formación Quinchamale.	E 459.076 N 7.532.786
3	11 km	Nuevo yacimiento con vertebrados pleistocenos; restos óseos recuperados en lente de gravas arenosas.	Vertebrata: Mammalia, Amphibia y Aves. Incluye *Macrauchenia* sp., Camelidae indet., *Vicugna provicugna*, Rodentia, *Ctenomys* sp., Anura / *Telmatobius* sp.	Figueroa Bravo *et al.* (2022).	Formación Quillagua.	E 445.818 N 7.522.841
4	66 km	Hallazgo paleontológico directo de megafauna pleistocena, referido a restos óseos.	Mammalia; Xenarthra; Megatheriidae; *Megatherium medinae*.	Rieu (1975); Casamiquela (1969-1970); citado por Naranjo & Paskoff (1982).	Formación Quillagua.	E 445.082 N 7.603.797
5	69 km	Depósitos lacustres con diatomitas, travertinos y facies marginales con registro paleobiológico.	Diatomaceae / Bacillariophyta; Ostracoda indet.; asociaciones lacustres.	Sáez *et al.* (1999), localidad Quillagua.	Formación Quillagua.	E 443.320 N 7.607.284
6	97 km	Diatomitas y margas diatomáceas con registro paleobiológico lacustre; incluye esponjas dulceacuícolas fósiles.	Porifera; Demospongiae; Spongillidae; *Ephydatia chileana*; además Diatomaceae, Ostracoda y Gastropoda indet.	Pisera & Sáez (2003); Bao *et al.* (1999); Sáez *et al.* (1999), Cerro Mogote.	Formación Quillagua.	E 439.925 N 7.638.392
7	8–11 km al norte	Bioturbaciones indeterminadas de origen alóctono registradas dentro de depósitos aluviales; interpretadas como posiblemente	Icnofósiles / Bioturbación indet.	Proyecto Solar Antofagasta, Informe de Paleontología de Adenda (2020),	Depósitos aluviales del Mioceno-Plioceno (MPa).	PA17: E 449.257 / N 7.546.117; PA18: E 452.531 / N 7.547.622

N°	Distancia al proyecto (km)	Tipo de hallazgo / evidencia	Taxonomía y sistemática (nivel)	Autores / fuente	Formación / Unidad	Coordenadas UTM aprox.
		procedentes de la Formación Quillagua.		puntos PA17 y PA18.		
8	≥60 km al norte	Niveles de calizas intercalados en la secuencia volcánica con fauna marina fósil de edad sinemuriana.	Arnioceras sp.; Oxytoma sp.; Arietitidae indet.; Serpula (Genicularia) sp.; Astarte sp.	Maksaev & Marinovic (1980), cuadrángulos Cerro de la Mica, Quillagua, Cerro Posada y Oficina Prosperidad.	Formación La Negra (Jv).	Cuadrángulos 21°30′–21°45′ S / 70°00′–69°45′ O

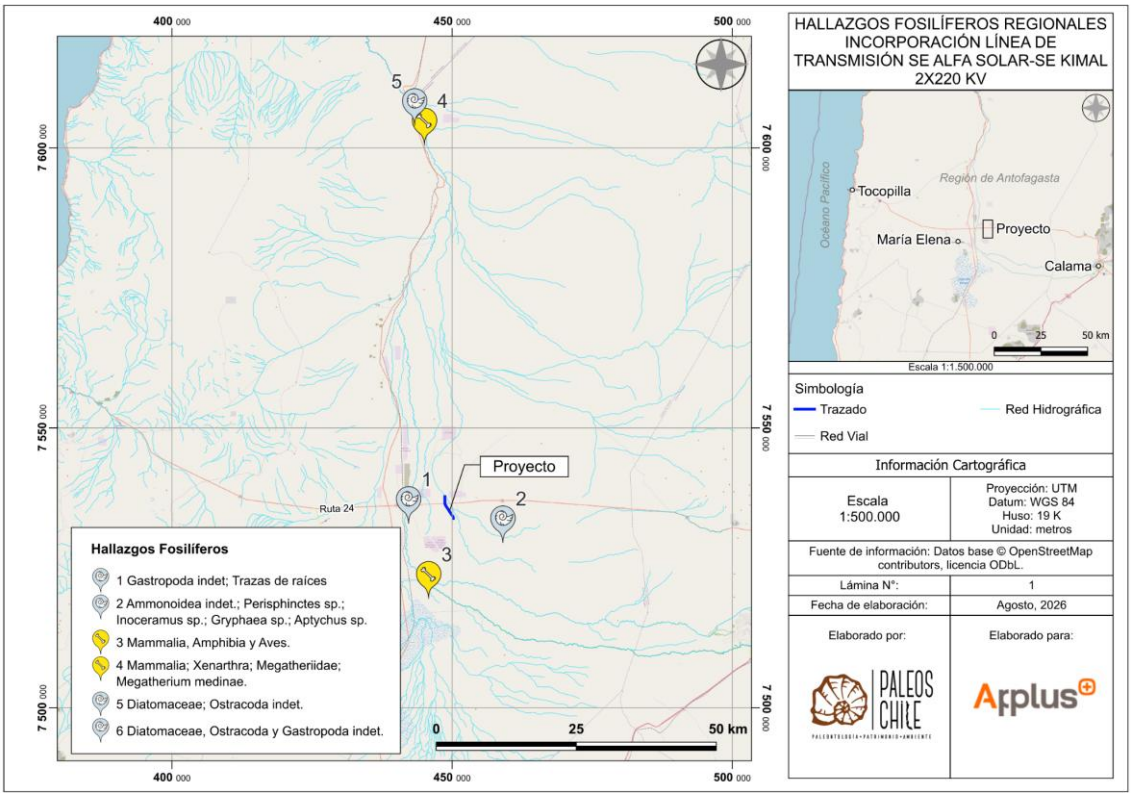
Fuente: Elaboración propia

Entre los antecedentes de la Formación Quillagua, el registro más próximo corresponde a la sección Puente Posada (Sáez et al., 1999), ubicada aproximadamente a 6 km al poniente del trazado, donde se reconocen facies lacustres-palustres, acumulaciones bioclásticas, gastrópodos y trazas de raíces. Asimismo, los puntos estratigráficos PE-1 a PE-5 levantados para este estudio verifican que la Formación Quillagua aflora en superficie en el sector Ruta 24–río Loa, fuera del Área de Influencia. Estos antecedentes demuestran la presencia superficial de Pq en el entorno occidental, pero no justifican extrapolarla automáticamente al subsuelo del trazado sin evidencia cartográfica o estratigráfica específica.

Durante la inspección visual del Área de Influencia no se registraron fósiles macroscópicos en los 20 puntos de observación. Esta ausencia de hallazgos directos en superficie no equivale a una condición estéril, pues la GIP (CMN, 2016) establece que la clasificación debe considerar los antecedentes paleontológicos de la unidad geológica, aun cuando los registros procedan de otras localidades. En consecuencia, la evaluación de potencialidad se basa conjuntamente en la cartografía, la inspección superficial y los antecedentes regionales y de proyectos cercanos.

No se dispone de evidencia suficiente para afirmar que la Formación Quillagua subyace al Área de Influencia del Proyecto. Los perfiles PE confirman su afloramiento en el entorno occidental, mientras que la cartografía adoptada para el trazado reconoce Jv y MPa como unidades principales dentro del Área de Influencia. Respecto de la profundidad de intervención, la ingeniería disponible del Proyecto se encuentra en etapa referencial: la profundidad de sello de las fundaciones se definirá conforme a las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos y a los planos de construcción de una etapa posterior. En consecuencia, no es posible establecer una profundidad máxima definitiva de excavación, por lo que el Informe adopta de forma precautoria un umbral de 4 m para reforzar el control paleontológico en excavaciones profundas, sin presentarlo como profundidad máxima de las fundaciones.

Figura 5. Registro fósil de la Región de Antofagasta cercanos al Proyecto.



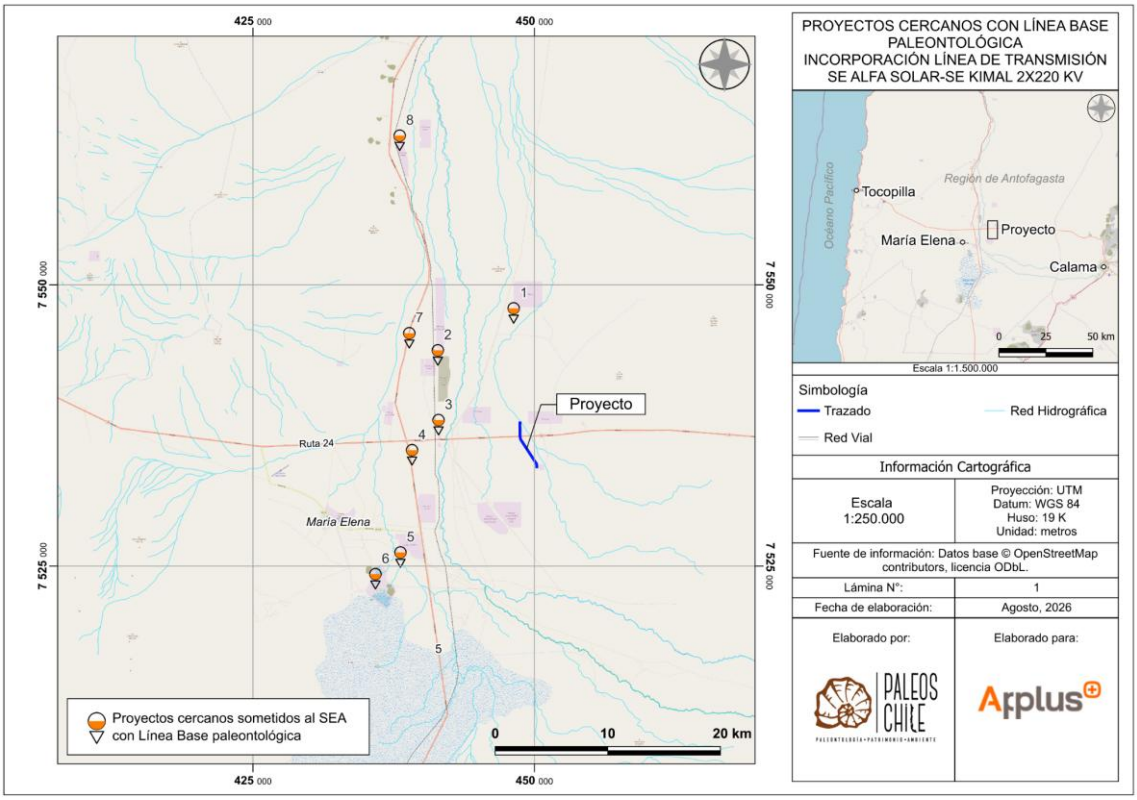
Fuente: Elaboración propia.

2.4.7 PROYECTOS CON EVALUACIÓN AMBIENTAL CERCANOS AL ÁREA DEL PROYECTO

A través de la plataforma del SEIA, se identificaron proyectos sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y/o con Resolución de Calificación Ambiental favorable en la Región de Antofagasta, ubicados en los alrededores del Área de Influencia del Proyecto.

Se identificaron ocho (8) proyectos cercanos al Área de Influencia del Proyecto en la Región de Antofagasta (Figura 6). Al revisar sus antecedentes (Tabla 3), se observa que seis (6) reportan hallazgos paleontológicos y dos (2) no reportan hallazgos paleontológicos, pero en la mayoría se incorporan exigencias del CMN, principalmente el Protocolo de Hallazgo Fortuito.

Figura 6. Mapa distribución de Proyectos de Inversión cercanos sometidos a evaluación ambiental.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la Tabla 3 que muestra los nombres de ocho proyectos evaluados ambientalmente en las inmediaciones, junto con sus respectivas observaciones y resoluciones emitidas por el Consejo de Monumentos Nacionales en relación con el componente paleontológico.

Tabla 3. Proyectos aledaños a la zona de estudio.

Pto	Nombre Proyecto	Tipo	Estado - año	Hallazgos Paleontológicos	Resolución / Observaciones	Observaciones y Medidas de control
1	Proyecto Solar Antofagasta	DIA	Aprobado 2020	Sí: bioturbaciones indet. alóctonas en MPa (PA17 y PA18).	Informe de Paleontología de Adenda, 2020.	MPa clasificada como Fosilífera (potencial medio-alto); protocolo de hallazgos y recomendación de monitoreo ante hallazgos.
2	Línea de Transmisión Eléctrica entre Subestación Sol del Desierto y Crucero	DIA	Aprobado 2020	Si	Si	Protocolo de Hallazgo No Previsto; charlas de inducción; monitoreo permanente
3	Parque Fotovoltaico Estepa Solar	DIA	Aprobado 2021	Si	Si	Protocolo de Hallazgo No Previsto; charlas de inducción; monitoreo paleontológico permanente.

Pto	Nombre Proyecto	Tipo	Estado - año	Hallazgos Paleontológicos	Resolución / Observaciones	Observaciones y Medidas de control
4	Parque Fotovoltaico Pauna Solar	DIA	Aprobado 2022	Sí: estromatolitos, travertinos con moldes de plantas y material retrabajado de Formación Quillagua.	Si	PlHa y Pq clasificadas como Fosilíferas (potencial medio-alto); PAS 132, monitoreo paleontológico, protocolo de hallazgos y charlas de inducción.
5	Planta Solar La Pampina	DIA	Aprobado 2022	Si	Si	Protocolo de Hallazgo No Previsto; charlas de inducción; monitoreo paleontológico quincenal
6	Modificación de las Instalaciones productivas y transporte de nitratos faena minera Coya Sur	DIA	Aprobado 2025	No	Si	Protocolo de Hallazgo No Previsto; charlas de inducción paleontológica
7	Planta Fotovoltaica Inti Pacha	DIA	Aprobado 2020	Si	Si	Protocolo de Hallazgo No Previsto; charlas de inducción paleontológica; monitoreo paleontológico permanente
8	Ampliación en SE Ana María y Seccionamiento Línea 2x220 kV Frontera-María Elena	DIA	Aprobado 2023	No	Si	Antecedentes de Formación Quillagua clasificada como Fosilífera (potencial medio-alto); protocolo de hallazgo, inducción y monitoreo paleontológico según medidas del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

En conjunto, los ocho proyectos revisados muestran que el sector cuenta con antecedentes paleontológicos relevantes y con una aplicación recurrente de medidas preventivas. Destacan el Proyecto Solar Antofagasta, que registró bioturbaciones alóctonas en MPa, y Pauna Solar, que documentó estromatolitos y travertinos asociados a la Formación Quillagua y material retrabajado dentro de depósitos aluviales. Entre las medidas adoptadas o recomendadas en los proyectos del entorno se repiten el protocolo de hallazgo fortuito, las charlas de inducción, el monitoreo paleontológico y, cuando corresponde, la tramitación del PAS 132 o de autorizaciones sectoriales ante el CMN. Estos antecedentes se utilizan como referencia técnica regional, sin trasladar automáticamente sus exigencias al presente Proyecto.

2.4.8 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN PALEONTOLÓGICA EN TERRENO

2.4.8.1 Prospección y Puntos de Observación Paleontológica

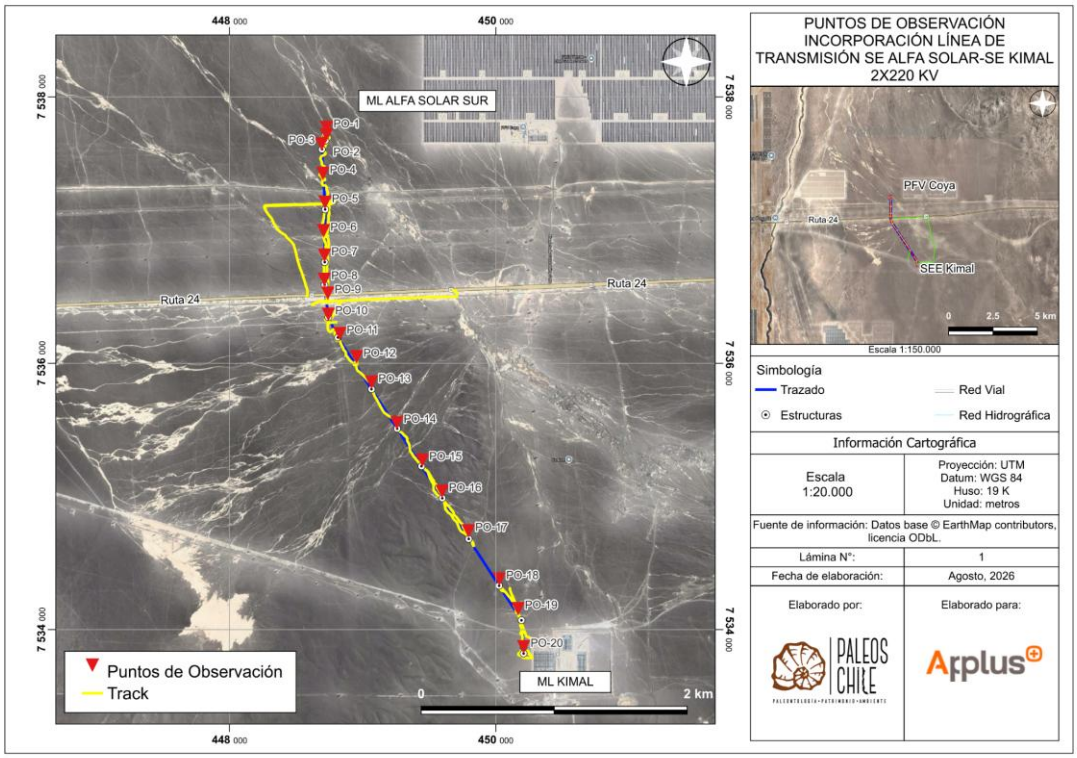
Los días 28 y 29 de junio de 2026 se realizó una campaña de prospección paleontológica en el Área de Influencia del Proyecto "Incorporación Línea de Alta Tensión SE Alfa Solar – SE Kimal 2x220 kV". La actividad tuvo como objetivo verificar la presencia o ausencia de bienes paleontológicos y caracterizar el potencial paleontológico de las unidades geológicas expuestas y del sustrato observable dentro del área de estudio, de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales y la Guía de Informes Paleontológicos del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN, 2016).

La prospección paleontológica fue ejecutada por la paleontóloga Estefanía Fernández Begazo y el conservador Pablo Mansilla Garrido, quienes realizaron las actividades de inspección, identificación y registro de evidencias paleontológicas observadas durante la campaña. mediante el método de prospección lineal pedestre descrito en el punto 4.4. El recorrido se organizó por tramos entre estructuras y en el sector de las subestaciones, cubriendo la franja de servidumbre a lo largo de los 4,34 km del trazado

La prospección paleontológica pedestre comprendió 20 puntos de observación distribuidos a lo largo del trazado entre la S/E Alfa Solar y la S/E Kimal. En superficie predominan pavimentos de gravas, matrices arenosas a limo-arenosas, sectores con deflación eólica y áreas localmente alteradas por caminos, huellas e infraestructura existente. No se observaron fósiles macroscópicos en los puntos inspeccionados. Debido a que varios puntos presentan cobertura sedimentaria superficial incluso sobre sectores cartografiados como Formación La Negra (Jv), las descripciones de terreno se mantienen al nivel de rasgos observables y no se utilizan por sí solas para modificar la asignación geológica del sustrato definida mediante la cartografía integrada.

En la Figura 7 se presenta la ubicación y distribución de los puntos de observación registrados durante la prospección paleontológica pedestre.

Figura 7. Prospección paleontológica pedestre.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se observan registros fotográficos de los puntos de observación, en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Puntos de observación durante prospección.

Punto Observación	Coordenadas UTM, Huso 19 S (WGS84)		Descripción estandarizada	Registro Fotográfico
PO-1	448.729	7.537.720	Clastos angulosos gruesos (grava a bloque) sobre matriz fina (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-2	448.728	7.537.666	Pampa plana con grava fina dispersa y deflación eólica. No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-3	448.692	7.537.597	Superficie limo-arenosa con microrelieve eólico y clastos dispersos (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-4	448.701	7.537.375	Pampa con grava sobre matriz fina (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-5	448.717	7.537.158	Superficie de pampa disturbada por huella vehicular (rodera lineal); grava fina a media sobre matriz areno-limosa. No se observaron restos paleontológicos en superficie.	

Punto Observación	Coordenadas UTM, Huso 19 S (WGS84)		Descripción estandarizada	Registro Fotográfico
PO-6	448.706	7.536.945	Pampa plana entre torres existentes (tramo T3–T4) con deflación eólica; clastos oscuros dispersos sobre matriz fina (vistas de contexto y detalle). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-7	448.713	7.536.761	Superficie de pampa con clastos subangulosos de grava media a gruesa dispersos sobre matriz fina. No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-8	448.712	7.536.579	Superficie alterada por remoción/excavación, con material suelto de clastos angulosos y grava. No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-9	448.738	7.536.476	Superficie con clastos y costra predominantemente blanquecinos de composición carbonática (costra calcárea superficial), grava a bloque, con un clasto mayor de textura rugosa (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	

Punto Observación	Coordenadas UTM, Huso 19 S (WGS84)		Descripción estandarizada	Registro Fotográfico
PO-10	448.742	7.536.317	Explanada/camino de pampa contiguo a línea de transmisión existente; superficie compactada. No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-11	448.829	7.536.172	Grava clasto-soportada con clastos redondeados a subangulosos (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-12	448.954	7.535.998	Pampa con grava fina densa (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-13	449.067	7.535.807	Grava con clastos redondeados a sub-redondeado claros y oscuros (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-14	449.257	7.535.502	Pampa plana con grava fina (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	

Punto Observación	Coordenadas UTM, Huso 19 S (WGS84)		Descripción estandarizada	Registro Fotográfico
PO-15	449.449	7.535.222	Pampa con grava fina (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-16	449.597	7.534.988	Clastos subangulosos heterométricos (grava fina a bloque), algunos claros (martillo de escala, T11). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-17	449.795	7.534.690	Panorámica de pampa plana con deflación eólica (T12); clastos dispersos sobre matriz fina. No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-18	450.027	7.534.329	Pampa plana con pavimento fino y deflación eólica intensa, con huella lineal; clastos finos. No se observaron restos paleontológicos en superficie.	

Punto Observación	Coordenadas UTM, Huso 19 S (WGS84)		Descripción estandarizada	Registro Fotográfico
PO-19	450.168	7.534.106	Panorámica de pampa con torres existentes y huellas vehiculares. No se observaron restos paleontológicos en superficie.	
PO-20	450.209	7.533.820	Superficie compactada con huellas vehiculares (martillo de escala). No se observaron restos paleontológicos en superficie.	

Fuente: Elaboración propia.

2.4.8.2 Estratigrafía del Entorno del Proyecto

Los puntos estratigráficos PE-1 a PE-5 corresponden a observaciones levantadas el 29 de junio de 2026 en un corte de la Ruta 24, en el sector próximo al río Loa y fuera del Área de Influencia del Proyecto. La trazabilidad espacial fue contrastada entre la lámina de puntos estratigráficos, los registros fotográficos georreferenciados de terreno y el recorrido contenido en el archivo estratigrafía.kml. Los cinco PE cartografiados se concentran entre E 442.486–442.514 m y N 7.536.270–7.536.273 m (UTM WGS84, Huso 19S). De acuerdo con la Carta Tocopilla y María Elena (Medina et al., 2012), este sector se emplaza sobre la Formación Quillagua (Pq). Los registros EFB rotulados “Estratigrafía superior R Loa” fueron revisados como apoyo complementario del mismo afloramiento y se verificó su correspondencia espacial con el track estratigráfico.

Tabla 5. Puntos estratigráficos (PE) levantados durante la prospección.

Punto estratigráfico	Coordenadas UTM WGS84 / Huso 19 S	
	ESTE (m)	NORTE (m)
PE-1	442.486	7.536.271
PE-2	442.490	7.536.270
PE-3	442.499	7.536.272
PE-4	442.514	7.536.273
PE-5	442.513	7.536.272

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Ubicación de puntos estratigráficos PE-1 a PE-5 en el sector Ruta 24 – río Loa.

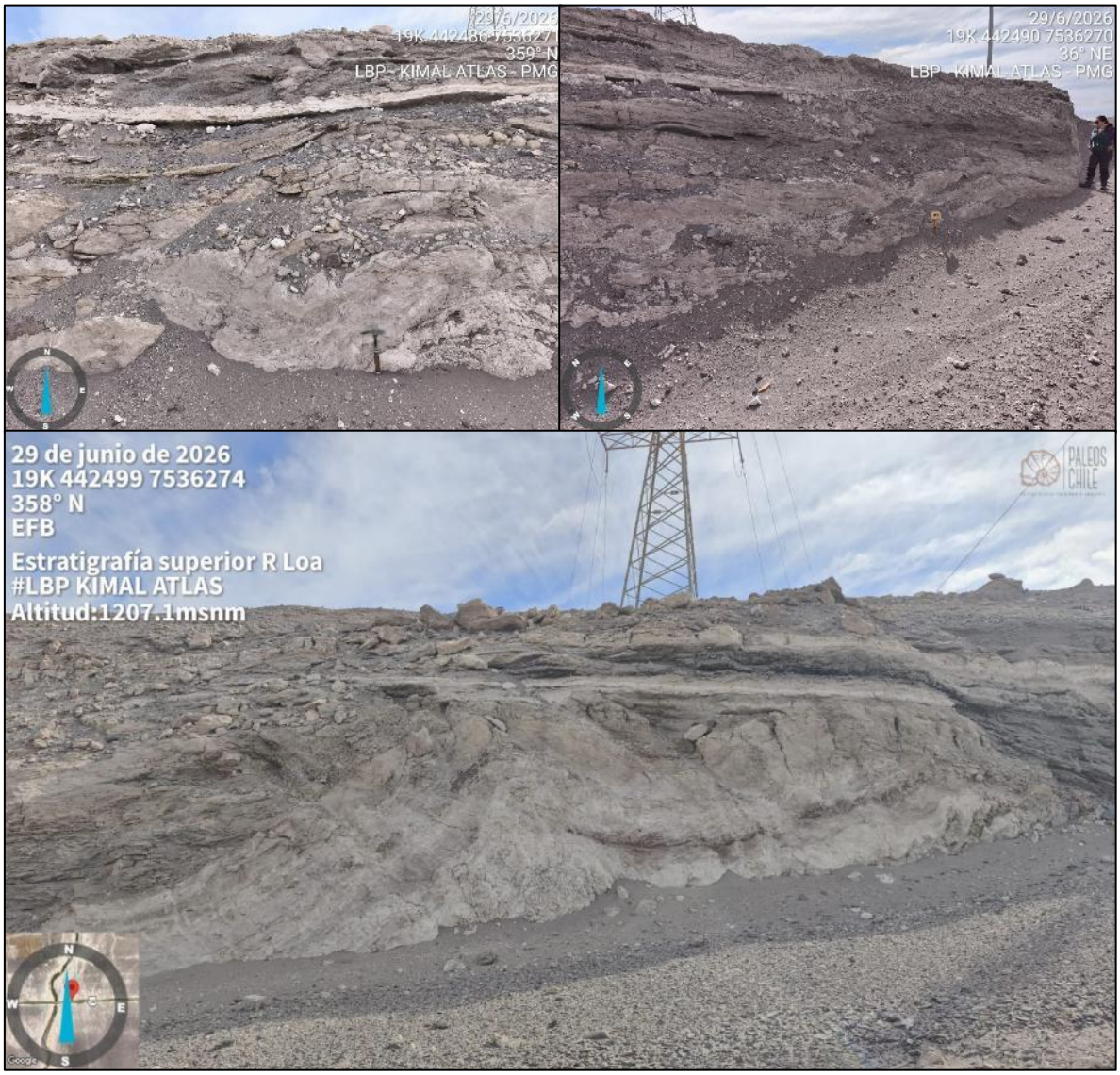


Fuente: Elaboración propia.

2.4.8.2.1 Estratigrafía 1 (PE-1 a PE-3)

Los PE-1, PE-2 y PE-3 documentan el tramo occidental a central del corte. En PE-1 y PE-2 se observa una sucesión semiconsolidada formada por niveles claros relativamente competentes, de geometría tabular a lenticular, intercalados con niveles gris oscuro a pardo, más friables y de carácter clástico, que incluyen fracciones arenosas y gravosas. Los contactos son predominantemente subhorizontales, con ondulaciones y variaciones laterales de espesor. En el entorno de PE-3 se reconoce la continuidad de la misma sucesión: un paquete inferior claro y finamente estratificado es sobreyacido por una alternancia de niveles claros resistentes y niveles clásticos oscuros, culminando en una cobertura gravosa superficial. Por su posición cartográfica y asociación de facies, la exposición es consistente con la Formación Quillagua (Pq). La asignación específica de litologías como marga, caliza, diatomita o travertino no se realiza exclusivamente a partir de las fotografías, por lo que la descripción se mantiene al nivel de facies observables y correlación cartográfica. No se observaron restos fósiles macroscópicos en los registros inspeccionados.

Figura 9. Registros estratigráficos asociados a PE-1, PE-2 y PE-3.



A) PE-1. E 442.486 m; N 7.536.271 m. B) PE-2. E 442.490 m; N 7.536.270 m. C) PE-3 cartografiado en E 442.499 m; N 7.536.272 m.

2.4.8.2.2 Estratigrafía 2 (PE-4 y PE-5)

Los PE-4 y PE-5 se localizan en el extremo oriental de la agrupación de puntos estratigráficos y corresponden a vistas complementarias de la misma exposición. Se observa una sucesión estratificada con niveles claros continuos y relativamente competentes, intercalados con niveles oscuros más friables de carácter arenoso a gravoso, además de una cobertura superior de gravas poco consolidadas. Los niveles mantienen continuidad lateral a escala del corte y presentan contactos principalmente subhorizontales, con cambios locales de espesor y geometrías lenticulares. La asociación observada es compatible con las facies clástico-carbonatadas descritas para la Formación Quillagua (Pq) en el sector. No se observaron restos fósiles macroscópicos en los registros inspeccionados.

Figura 10. Registros estratigráficos correspondientes a PE-4 y PE-5.



A) PE-4. E 442.514 m; N 7.536.273 m. B) PE-5. E 442.513 m; N 7.536.272 m.

Resumen de los perfiles estratigráficos observados

En conjunto, PE-1 a PE-5 corresponden a cinco puntos de observación dentro de una misma exposición estratigráfica y no a cinco columnas estratigráficas medidas de manera independiente. El registro disponible permite caracterizar asociaciones de facies y relaciones de superposición, pero no establecer espesores medidos capa por capa. La exposición registra la alternancia de niveles claros relativamente competentes con intervalos clásticos oscuros más friables, localmente gravosos, y una cobertura aluvial superficial. La posición de los PE en la Carta Tocopilla y María Elena (Medina et al., 2012) los sitúa sobre la Formación Quillagua (Pq), confirmando su afloramiento superficial en el sector de referencia Ruta 24 – río Loa.

2.4.9 DISCUSIÓN

La caracterización integrada muestra que el Área de Influencia se emplaza sobre dos unidades geológicas de distinta naturaleza: la Formación La Negra (Jv) y los Depósitos aluviales del Mioceno-Plioceno (MPa). La primera constituye un sustrato volcánico-volcanosedimentario jurásico, mientras que MPa corresponde a depósitos aluviales cenozoicos poco consolidados. La inspección superficial registró una cobertura gravosa prácticamente continua a lo largo del trazado y no identificó fósiles macroscópicos; sin embargo, este resultado debe interpretarse en función de la escala de observación y de la cobertura superficial, que puede ocultar el sustrato cartografiado. La ausencia de fósiles en superficie no permite descartar su presencia en niveles subsuperficiales ni rebajar por sí sola la categoría de una unidad con antecedentes paleontológicos documentados.
Para Jv, los niveles calcáreos fosilíferos descritos por Maksaev & Marinovic (1980) demuestran que la Formación La Negra incluye facies capaces de preservar fósiles. Conforme a la GIP (CMN, 2016), el antecedente corresponde a la misma unidad litoestratigráfica, por lo que no resulta técnicamente adecuado clasificarla en forma global como estéril, aun cuando los niveles fosilíferos conocidos se encuentren al norte del Proyecto y no se hayan observado en los puntos de terreno. Para MPa, el precedente del Proyecto Solar Antofagasta es más próximo y directo: en la misma comuna se documentaron bioturbaciones alóctonas dentro de esta unidad, lo que llevó a clasificarla como Fosilífera (potencial medio-alto).

La Formación Quillagua (Pq) posee un registro paleontológico abundante y se verificó su afloramiento en el sector de los PE, aproximadamente 6 km al poniente del trazado. Además, proyectos próximos como Pauna Solar documentaron estromatolitos, travertinos con moldes de plantas y material retrabajado de Pq en depósitos aluviales. No obstante, en el presente Proyecto Pq se mantiene como antecedente del entorno y no como unidad interceptada por el Área de Influencia, pues no existe respaldo cartográfico suficiente para sostener lo contrario. Esta distinción evita confundir el valor paleontológico regional con la geología efectivamente afectada por las obras.

Finalmente, la profundidad de intervención no se encuentra definida en la ingeniería disponible del Proyecto, por lo que se conserva el umbral de 4 m como criterio precautorio (definido en el capítulo 6) para intensificar el monitoreo cuando una excavación alcance o supere esa profundidad, además de los criterios litológicos y de hallazgo establecidos en las recomendaciones.

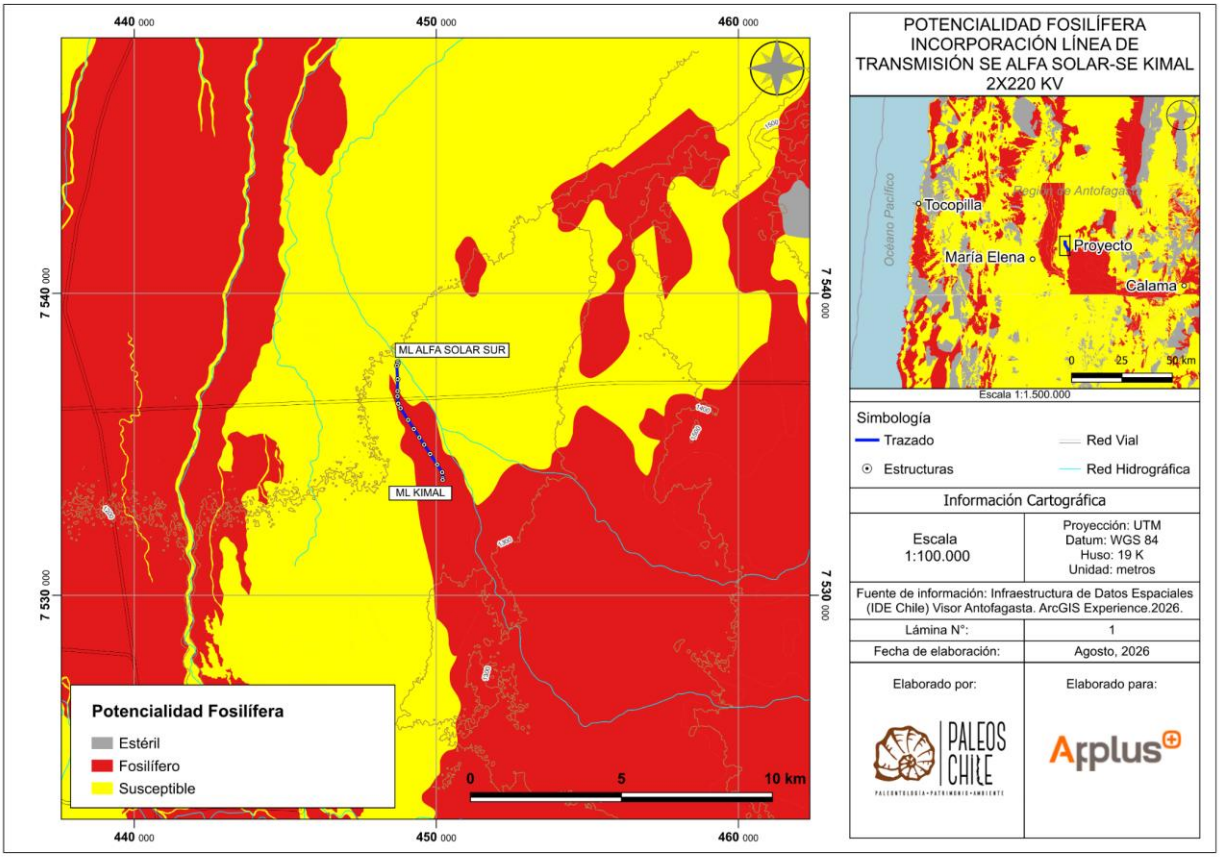
2.4.9.1 Potencialidad Paleontológica en el Área del Proyecto

De acuerdo con las categorías de la GIP (CMN, 2016), la potencialidad paleontológica debe asignarse a la unidad geológica y no únicamente al punto exacto donde se observó un fósil. Bajo este criterio, la Formación La Negra (Jv) se clasifica como Fosilífera debido a la existencia de niveles calcáreos con fauna fósil documentados para la misma formación. Los Depósitos aluviales del Mioceno-Plioceno (MPa) también se clasifican como Fosilíferos, dado que en la misma provincia y comuna existen antecedentes de bioturbaciones alóctonas preservadas

dentro de esta unidad (Proyecto Solar Antofagasta, 2020). La ausencia de hallazgos macroscópicos en los 20 puntos prospectados reduce la evidencia directa dentro del trazado, pero no invalida los antecedentes de unidad exigidos por la GIP.

Las unidades PlHa, Pq y Tsc se incluyen en la Tabla 6 como contexto del entorno. No se consideran interceptadas por el trazado según la cartografía adoptada; sin embargo, presentan antecedentes paleontológicos regionales o locales que justifican su clasificación fosilífera y permiten comprender el origen de material retrabajado eventualmente incorporado a depósitos aluviales.

Figura 11. Potencialidad paleontológica del área de influencia del Proyecto.



Fuente: Extraído y modificado del Visor de Potencialidad Paleontológica del CMN. En amarillo el área donde se emplaza el Proyecto.

Tabla 6. Potencialidad paleontológica de las unidades geológicas presentes en el área de influencia y su entorno.

Unidad Geológica	Edad	Descripción (resumen)	Potencialidad	Justificación
Formación La Negra (Jv)	Jurásico	Secuencia volcánica y volcanosedimentaria, con lavas, brechas y niveles volcanosedimentarios; localmente incluye niveles calcáreos.	Fosilífera	La misma unidad posee fauna fósil documentada en niveles calcáreos sinemurianos (Maksaev & Marinovic, 1980). No se observaron fósiles en los puntos del AI.
Depósitos aluviales del Mioceno-Plioceno (MPa)	Mioceno-Plioceno	Gravas y arenas poco consolidadas, mal seleccionadas, con intercalaciones arenosas laminadas.	Fosilífera	En el Proyecto Solar Antofagasta se registraron bioturbaciones alóctonas en MPa (PA17 y PA18) y la unidad fue clasificada Fosilífera.
Depósitos aluviales pleistoceno-holocenos (PlHa)	Pleistoceno-Holoceno	Gravas, arenas y limos poco consolidados asociados a escorrentía y relleno de quebradas.	Fosilífera	Pauna Solar registró dentro de PlHa clastos retrabajados de Pq con estromatolitos y travertinos. No se considera unidad principal interceptada por el trazado.
Formación Quillagua (Pq)	Mioceno superior-Plioceno inferior	Depósitos lacustres y fluviales con margas, diatomitas, calizas, travertinos, tufitas y niveles clásticos.	Fosilífera	Abundante registro regional de invertebrados, plantas, trazas y vertebrados; aflora en el sector PE-1 a PE-5 fuera del AI.
Formación El Loa (Tsc)	Plioceno-Pleistoceno inferior	Secuencia continental con fanglomerados y niveles calcáreos lagunares.	Fosilífera	Ferraris (1978) reporta fauna de agua dulce y restos de mastodontes. Unidad reconocida en el entorno, fuera del AI.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las categorías de potencialidad paleontológica empleadas corresponden a las establecidas en la GIP (CMN, 2016). Las unidades Jv y MPa son interceptadas por el Área de Influencia del Proyecto, mientras que PlHa, Pq y Tsc se incorporan como unidades del entorno para efectos de contextualización geológica y paleontológica.

2.4.10 CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica, cartográfica y de terreno permite concluir que el Área de Influencia de la Incorporación Línea de Alta Tensión SE Alfa Solar – SE Kimal2x220 kV, intercepta principalmente la Formación La Negra (Jv) y los Depósitos aluviales del Mioceno-Plioceno (MPa). La Formación Quillagua (Pq), los depósitos aluviales pleistoceno-holocenos (PlHa) y la Formación El Loa (Tsc) se reconocen en el entorno, pero no se consideran unidades directamente interceptadas por el trazado con la cartografía actualmente disponible.

Durante la prospección superficial se levantaron 20 puntos de observación y no se identificaron fósiles macroscópicos dentro del Área de Influencia. Las superficies observadas están dominadas por gravas y sedimentos finos a arenosos, localmente modificados por huellas e infraestructura. La presencia de cobertura superficial sobre sectores cartografiados como Jv explica que no se hayan observado afloramientos continuos de la unidad volcánica en todos los puntos y no autoriza a reasignar el sustrato únicamente a MPa.

Conforme a la GIP (CMN, 2016), tanto Jv como MPa se clasifican como unidades Fosilíferas. Jv posee antecedentes de fauna fósil en niveles calcáreos de la propia Formación La Negra, mientras que MPa registra bioturbaciones alóctonas documentadas en un proyecto cercano de la misma comuna. La Formación Quillagua constituye además una fuente paleontológica relevante en el entorno y fue verificada en afloramiento en el sector Ruta 24–río Loa mediante los puntos PE-1 a PE-5, sin que ello implique su extrapolación al Área de Influencia.

En consecuencia, las obras que impliquen remoción de sedimentos naturales o exposición del sustrato requieren medidas preventivas y seguimiento paleontológico proporcional al nivel de intervención. La ausencia de hallazgos en la prospección no elimina el riesgo de interceptar niveles fosilíferos durante las excavaciones.

2.4.11 RECOMENDACIONES

Considerando la clasificación fosilífera de las unidades Jv y MPa, se recomienda aplicar medidas preventivas durante las obras que impliquen construcción de fundaciones, apertura o mejoramiento de caminos, habilitación de plataformas y cualquier otra actividad que implique excavación o remoción de terreno natural. La intensidad del control deberá ajustarse a la profundidad y naturaleza de las excavaciones, a la exposición de niveles estratificados y a cualquier evidencia paleontológica que se detecte durante la obra. Cuando una intervención implique excavación paleontológica propiamente tal o afectación de un nivel fosilífero, deberá obtenerse previamente la autorización sectorial correspondiente del CMN conforme a la Ley N° 17.288 y el D.S. N° 484/1990.

Si bien se ha identificado un potencial paleontológico asociado al área de influencia del proyecto, no se han registrado hallazgos paleontológicos en terreno. Sin perjuicio de lo anterior, a continuación, se detalla el protocolo de actuación que deberá implementarse en caso de producirse hallazgos paleontológicos imprevistos durante la etapa de construcción.

Protocolo de Hallazgo Imprevisto

En caso de efectuarse un hallazgo paleontológico imprevisto durante las excavaciones del Proyecto, se deberá paralizar inmediatamente y de forma localizada la obra en el sector del hallazgo, evitando su manipulación o remoción. El área deberá resguardarse en al menos 2 m alrededor del punto o de los especímenes más externos y delimitarse y señalizarse adecuadamente; cuando corresponda, se dispondrá un cerco perimetral de 2 m de altura para restringir el acceso. Se dará aviso inmediato al responsable de la obra y al encargado ambiental del Titular. La notificación al Consejo de Monumentos Nacionales deberá incluir coordenadas UTM WGS84, fotografías de contexto y detalle con escala y una descripción preliminar, y efectuarse en un plazo máximo de cinco días hábiles desde el descubrimiento. El CMN determinará las medidas posteriores y la oportunidad de reanudar las faenas en el sector. Este procedimiento se sustenta en el artículo 26 de la Ley N° 17.288, el artículo 23 del D.S. N° 484/1990 y el Protocolo ante hallazgos paleontológicos no previstos del CMN. Si la evaluación del hallazgo exige prospección, excavación o rescate paleontológico, deberá obtenerse previamente la autorización sectorial correspondiente.

El detalle operativo de este procedimiento —responsabilidades, identificación, aislamiento, evaluación en terreno, notificación y reanudación de faenas— se presenta en el Anexo 4 del presente Informe.

a) **Visita de inspección y Monitoreo paleontológico en intervenciones**

Se recomienda implementar seguimiento paleontológico durante las actividades que remuevan sedimento natural o expongan el sustrato, incluyendo excavaciones de fundaciones, zanjas, cortes, nivelaciones, drenajes, apertura o mejoramiento de caminos y plataformas. Como criterio preventivo general, se propone una inspección al menos semanal

mientras existan frentes activos de movimiento de tierra. El monitoreo deberá intensificarse a presencia permanente durante el avance de excavaciones que alcancen o sobrepasen 4 m de profundidad, o antes de ese umbral si se exponen niveles finos, estratificados, volcanosedimentarios, carbonatados, paleosuelos, niveles orgánicos, cambios sedimentarios abruptos o cualquier evidencia fósil. El umbral de 4 m corresponde al criterio precautorio definido en el capítulo 6, dado que la profundidad de fundaciones no se encuentra definida en la ingeniería disponible. Ante un hallazgo paleontológico se deberá paralizar localmente el frente afectado, aplicar el protocolo de hallazgo y ajustar el monitoreo y los permisos según instruya el CMN.

El seguimiento deberá quedar documentado mediante informes que registren fechas, frentes inspeccionados, profundidades y litologías expuestas, avances de obra, registro fotográfico y eventuales hallazgos. La periodicidad de entrega deberá ajustarse a lo que establezca la autoridad competente, la resolución ambiental aplicable o el permiso sectorial que corresponda, evitando fijar una frecuencia no respaldada por dichos instrumentos.

b) **Inducción y capacitación Paleontológica**

Realizar charlas de inducción paleontológica a todo el personal que participe en actividades con intervención de terreno, antes del inicio de sus labores, y repetir la inducción para cada nuevo ingreso. La capacitación deberá incluir reconocimiento básico de fósiles, obligaciones legales, medidas de resguardo y procedimiento de comunicación ante hallazgos fortuitos, manteniendo registro de fecha, contenidos y asistentes.

2.4.12 BIBLIOGRAFÍA

- Bao, R., Sáez, A., Servant-Vildary, S., & Cabrera, L. (1999). Lake-level and salinity reconstruction from diatom analyses in Quillagua formation (late Neogene, Central Andean forearc, northern Chile). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *153*(1-4), 309-335.
- Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). (1970). Ley N° 17.288: Legisla sobre Monumentos Nacionales. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). (1991). Decreto Supremo N° 484 (1990), Ministerio de Educación: Reglamento de la Ley N° 17.288 sobre excavaciones y/o prospecciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). (1994). Ley N° 19.300: Bases Generales del Medio Ambiente. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Biblioteca del Congreso Nacional (BCN). (2013). Decreto Supremo N° 40 (2012), Ministerio del Medio Ambiente: Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Casamiquela, R. M. (1969-1970). Primeros documentos de la paleontología de vertebrados para un esquema estratigráfico y zoogeográfico del Pleistoceno de Chile. Museo Nacional de Historia Natural, Boletín de Prehistoria de Chile, 2-3, 65-73.
- Consejo de Monumentos Nacionales (CMN). (2016). Guía para la elaboración de informes paleontológicos (Área de Patrimonio Natural). Consejo de Monumentos Nacionales, Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio.
- Consejo de Monumentos Nacionales (CMN). (2024). Visor de Potencialidad Paleontológica (Geoportal CMN – ArcGIS Online) [Conjunto de datos/visor cartográfico]. Consejo de Monumentos Nacionales.
- Ferraris, F. 1978. *Hoja Tocopilla*. Carta Geológica de Chile N°35. Instituto de Investigaciones Geológicas, escala 1:250.000.
- Figueroa Bravo, C., Gutstein, C. S., Soto H., P., Lizama-Catalán, Á., Labarca, R., Suazo, F., Cabrera, V., Lagos, F., Ocaranza, F., Arrau, F. & Otero, R. A. (2022). Nuevo yacimiento con vertebrados pleistocenos del Desierto de Atacama. II Congreso Chileno de Paleontología, Tagua Tagua.
- Hoffstetter, R., Fuenzalida, H., & Cecioni, G. (1957). Lexique Stratigraphique International, Volume V: Amérique Latine, Fascicule 7: Chili. Centre National de la Recherche Scientifique. París.
- Jensen, A. (1992). Las cuencas aluvio-lacustres oligoceno-neógenas de la región de ante-arco de Chile Septentrional, entre los paralelos 19° y 23° Sur. Tesis de Doctorado (inédita), Universitat de Barcelona, Facultat de Geologia, 217 p.
- Jensen, A., & Siglic, Y. (2009). Organización de la estratigrafía cenozoica de Quillagua. XII Congreso Geológico Chileno, Actas, S10_22, 1-4. Santiago.

  Maksaev, V., & Marinovic, N. (1980). Geología de los cuadrángulos Cerro de la Mica, Quillagua, Cerro Posada y Oficina Prosperidad, Región de Antofagasta. Instituto de

Investigaciones Geológicas, *Carta Geológica de Chile* N° 45-48, 63 p., 4 mapas escala 1:50.000. Santiago.

- Medina, E., Jensen, A., Niemeyer, H., Wilke, H.-G., Cembrano, J., García, M., Riquelme, R., Espinoza, S., & Chong, G. 2012. *Cartas Tocopilla y María Elena, Región de Antofagasta*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica Nos. 141–142, 58 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- Naranjo, J., & Paskoff, R. (1982). Estratigrafía de las unidades sedimentarias cenozoicas de la cuenca del río Loa en la Pampa del Tamarugal, Región de Antofagasta, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 15, 49–57.
- Pisera, A. V., & Sáez, A. (2003). Paleoenvironmental significance of a new species of freshwater sponge from the Late Miocene Quillagua Formation (N. Chile). *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 847–852.
- Pueyo, J. J., Chong, G., & Jensen, A. (2001). Neogene evaporites in desert volcanic environments: Atacama Desert, northern Chile. Sedimentology, 48, 1411-1431.
- Rieu, M. (1975). Les formations sédimentaires de la pampa del Tamarugal et le río Loa ("norte grande" du Chili). *Cahiers ORSTOM, série Géologie*, 7(2), 145–164.
- Sáez, A., Cabrera, L., Jensen, A., & Chong, G. (1999). Late Neogene lacustrine records and palaeogeography in the Quillagua-Llamara basin, Central Andean fore-arc (northern Chile). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 151, 5–37.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2025). Criterio de evaluación en el SEIA: Componente patrimonio cultural – Paleontología. Servicio de Evaluación Ambiental. Santiago.
- Skarmeta, J., & Marinovic, N. (1981). Geología de la Hoja Quillagua, Región de Antofagasta. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile N° 51, 63 p., mapa escala 1:250.000. Santiago.
- Pauna Solar SpA / INERCO. (2021). Anexo N° 4.2: Informe Paleontológico. Adenda Proyecto Parque Fotovoltaico Pauna Solar, noviembre de 2021.
- Proyecto Solar Antofagasta. (2020). Anexo 3: Informe de Paleontología. Adenda de la Declaración de Impacto Ambiental, Región de Antofagasta.
- Pleiades S.A. (2024). Consulta de Pertinencia de Ingreso al SEIA: Incorporación de un Sistema de Almacenamiento de Energía y Optimización del Proyecto Parque Fotovoltaico Alfa Solar. ATLA-0011, diciembre de 2024.

2.4.13 ANEXOS

Anexo 1

Respaldos Área de Influencia

- Kmz Caracterización Ambiental
- Kmz AI Paleontológica - LT 2x220kV Alfa Solar - Kimal

Anexo 2

Antecedentes Académicos

Antecedentes profesionales para la realización de trabajos en paleontología aplicada en materias de competencia del consejo de monumentos nacionales.

Estimado/a Srs/as. Consejo de Monumentos Nacionales:

En calidad de Paleontóloga a cargo, presento antecedentes curriculares del equipo que desarrolló el presente estudio. Todo esto conforme a lo establecido en la Resolución Exenta N° 650 del año 2022, emitida por el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN).
Adjunto a este documento, se presentan los antecedentes académicos resumidos y la información de la experiencia Teórica y Práctica en Paleontología.

Atentamente,



Estefanía Fernández Begazo
14.102.292-K
Licenciada en Paleontología
Paleontóloga

RESUMEN

Cargo: Paleontóloga Titular
Nombre: Gloria Estefanía Fernández Begazo
Profesión: Licenciada en Paleontología, Paleontóloga
Email: efernandez@paleoschile.cl
Teléfono: +56972017922

EDUCACIÓN

- Paleontóloga, Licenciada en Paleontología Universidad Nacional de Río Negro, Argentina, 2017.
- Diplomada en Geociencias, Universidad Nacional de Río Negro, Argentina, 2016.
- Magíster en Paleontología, Universidad Austral de Chile, Tesista, 2024.
- Egresada de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad Austral de Chile, 2009.
- Pasantía Museo Nacional de Historia Natural, Washington D.C., Estados Unidos de Norteamérica (2024)

ESPECIALIZACIÓN

- Paleoneuroanatomía.
- Estratigrafía y Sedimentología.
- Planeación logística de excavaciones paleontológicas.
- Preparación de fósiles in situ y laboratorio.
- Conservación y museología paleontológica.
- Perito Paleontóloga CAMN-CMN, Región de Tarapacá.
- Miembro Sociedad Internacional de Sedimentología (SEPM- Society of Sedimentology and Geology).
- Miembro Association for Women in Geoscience.

AFILIACIÓN

- Socia Sociedad Paleontológica de Bariloche.
- Socia Asociación Paleontológica Argentina.
- Socia Asociación Paleontológica de Chile.
- Socia Society of Vertebrate Paleontology

CERTIFICADO DE ESTUDIOS



REPÚBLICA ARGENTINA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

Por cuanto, *Gloria Estefanía Fernández Begazo* D.N.I. *95.396.021*

finalizó el veintidós de octubre de dos mil dieciocho los estudios correspondientes a la carrera de

Licenciatura en Paleontología

en la *Sede Alto Valle - Valle Medio*, ciudad de *General Roca.*

De conformidad con las normas legales vigentes se le confiere el presente título de

Licenciada en Paleontología (R.M Nº 1238/10)

Viedma, once de octubre de dos mil diecinueve.

DR. CARLOS BEZIC
Secretario de Docencia, Extensión y Vida Estudiantil

LIC. JUAN CARLOS DEL BELLO
Rector

PH.D.ARQ. MARÍA ANDREA TAFFA
Vicerrectora Sede Alto Valle - Valle Medio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

Reg Nº 91 Folio 138/139

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO
Certifico que las firmas que anteceden guardan similitud con las que obran en nuestro registro.-
Viedma, 17 OCT 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO
Código

DNGyFU Secretaría de Políticas Universitarias

Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología
Presidencia de la Nación

Universidad Austral de Chile
Departamento de Registro Académico Estudiantil

CERTIFICADO

La Jefe del Departamento de Registro Académico Estudiantil de la Universidad Austral de Chile, certifica que doña:

GLORIA ESTEFANÍA FERNÁNDEZ BEGAZO

egresó de la carrera de:

LICENCIATURA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

habiendo cursado satisfactoriamente el plan de estudios de su especialidad.

Se extiende el presente certificado a petición de la interesada, para los fines que estime conveniente.-

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
JEFE
DEPTO. REGISTRO ACADEMICO ESTUDIANTIL

M. Cristina Barriga R.
JEFE

Valdivia, 22 de Enero de 2013



Independencia 641 * Casilla 567 * Valdivia * Chile * Fax (56 63) 221911 * Fonos (56 63)221261 - (56 63)293588
email: rac@uach.cl * www.uach.cl

Anexo 3

Equipo Responsable de la Elaboración del Informe

Nombre	Profesión	Especialidad
Estefanía Fernández Begazo	Paleontóloga	Paleontóloga Senior Coordinadora - Monitor terreno
Pablo Mansilla	Conservador Restaurador Patrimonial	Conservador Paleontológico – Monitor terreno
Daniela Leal	Geóloga	Cartografía
Manuel Troncoso Begazo	Técnico Paleontológico	Apoyo Informe
Florencia Colileo	Paleontóloga	Apoyo Informe
Leonora Salvadores	Paleontóloga	Apoyo Informe

Anexo 4

PROTOCOLO DE HALLAZGO FORTUITO PALEONTOLÓGICO

Protocolo de Hallazgos Paleontológicos para el Proyecto "Incorporación Línea de Alta Tensión SE Alfa Solar - SE Kimal 2X220 kv"

Titular: Pleiades S.A.

1. Objetivo

Establecer el procedimiento a seguir ante el hallazgo de materiales paleontológicos (fósiles) durante las actividades de construcción del Proyecto, con el fin de resguardar el patrimonio paleontológico nacional conforme a la Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales y a las directrices del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN).

2. Alcance

Aplica a todo el personal que participe en actividades de excavación, movimientos de tierra, fundaciones y obras complementarias en el Área de Influencia del Proyecto.

3. Responsables

- Personal de obra: identificar y reportar de inmediato cualquier hallazgo de material fósil.
- Encargado ambiental del Proyecto: coordinar la detención de faenas y activar el protocolo.
- Paleontólogo monitor: verificar, evaluar y gestionar técnicamente el hallazgo.
- Titular del Proyecto o su representante: velar por el cumplimiento del protocolo y coordinar las acciones con el CMN.
- Consejo de Monumentos Nacionales (CMN): autoridad competente para definir las medidas de manejo del hallazgo.

4. Procedimiento

4.1. Identificación de un hallazgo

Cuando cualquier miembro del equipo de obra detecte un objeto, estructura o material que pueda corresponder a restos fósiles (huesos, dientes, moldes, impresiones de organismos, troncos petrificados, entre otros), deberá:

Detener de inmediato las actividades en el área del hallazgo.

Notificar de inmediato al Encargado Ambiental y al Paleontólogo Monitor presente en terreno.

4.2. Aislamiento del hallazgo

Delimitar el área afectada mediante una cerca perimetral ubicada a una distancia mínima de 2 metros respecto del hallazgo, conforme al o de los especímenes más externos, delimitándola y señalizándola adecuadamente. Cuando corresponda, se dispondrá un cerco perimetral de 2 m de altura para restringir el acceso, de acuerdo con el Protocolo ante hallazgos paleontológicos no previstos del CMN.

Evitar la manipulación del material fósil por personal no autorizado.

Proteger el sitio mediante señalización visible y elementos de resguardo (vallas, cintas y cobertores livianos, si es necesario).

4.3. Evaluación técnica

El Paleontólogo Monitor evaluará en terreno la naturaleza y relevancia del hallazgo, y realizará un registro preliminar que incluya: fotografías del hallazgo en su contexto; coordenadas geográficas (UTM, Huso 19 Sur) del sitio; y una breve descripción del material y de la unidad geológica de aparición.

4.4. Comunicación a las autoridades

Dentro de un plazo máximo de 5 días hábiles desde ocurrido el hallazgo, el titular deberá informar oficialmente al Consejo de Monumentos Nacionales (CMN). El Paleontólogo Monitor elaborará un Informe Preliminar de Hallazgo para acompañar la notificación.

4.5. Medidas a adoptar

El CMN, en conjunto con el Paleontólogo Monitor, determinará las acciones a seguir, que podrán incluir: excavación y rescate paleontológico controlado; protección *in situ* del hallazgo; o derivación del material fósil a un museo receptor autorizado. En caso de rescate, se deberá gestionar el correspondiente Permiso de Excavación y/o Prospección Paleontológica (PAS 132) ante el CMN, cuando la magnitud del hallazgo así lo exija.

4.6. Reanudación de faenas

Las obras podrán reanudarse una vez que se haya completado la evaluación y/o el rescate, y se cuente con la autorización formal del CMN.

5. Documentación

El monitoreo paleontológico se documentará mediante un informe de monitoreo, con la periodicidad que establezca la autoridad competente durante el período de ejecución de las obras, que consigne las actividades de monitoreo realizadas, los avances de las obras intervenidas y, en caso de producirse, el detalle de los hallazgos paleontológicos y su gestión. Asimismo, se registrará la realización de las charlas de inducción paleontológica al personal (asistentes, fecha y contenidos), conforme a lo señalado en el apartado de Recomendaciones. Los informes de monitoreo serán remitidos al CMN para su revisión y archivo.