



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento de Geología

**Evaluación y clasificación del patrimonio geológico de la zona
comprendida entre el Caos de Puquios, el paso San Francisco y La
Laguna del Negro Francisco, región de Atacama**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título
de Geólogo

Profesor Guía: Dr. Philippe Moisan Tapia

Sebastián Marcelo Carrasco Chacana

Copiapó, Chile, 2026

RESUMEN

El geopatrimonio es crucial para la comprensión de la evolución del planeta, para poder proteger y conservar los recursos naturales que nos han sido legados y preservar el conocimiento para las futuras generaciones. La problemática central en este estudio es la escasez de sistematización de Lugares de Interés Geológico (LIGs) entre la zona comprendida entre el Caos de Puquios, el Paso San Francisco y la Laguna del Negro Francisco y sus implicaciones para la gestión territorial y la geoconservación, lo que se traduce en un aumento en el riesgo de degradación de la geodiversidad en la zona alta cordillerana. El presente trabajo se concentró en identificar sitios con patrimonio geológico en el transecto Copiapó - Paso San Francisco, incluyendo Caos de Puquios, Salar de Maricunga y el complejo de los Seismiles, mediante metodologías reconocidas para la identificación y valoración de LIGs, puesto que es una zona de gran potencial científico por su complejidad geológica, rica en estructuras y litologías además de presentar una marcada evolución geológica con unidades del Paleozoico hasta el Neógeno.

Se seleccionaron 14 sitios, 4 de la precordillera, 5 del altiplano y 5 de la alta cordillera para su valoración según tres tipos de interés: Uso educativo, uso turístico y riesgo de degradación del sitio geológico para generar una base científica que sustente futuras estrategias de conservación, y el impulso del aprovechamiento educativo y turístico poniendo a disposición una propuesta de un itinerario turístico de lugares de interés geológico. Esto evidenció que los LIGs estudiados tienen un gran valor geológico, sin embargo, se observó una notable devaluación de los sitios en su potencial de uso turístico y educativo a causa de su ubicación y lejanía con los centros urbanos, por lo cual se propuso un ligero cambio en la metodología, para futuros trabajos, con el fin de adaptarla al contexto geográfico del estudio.

GEOPATRIMONIO – VALORACIÓN – RIESGO DE DEGRADACIÓN - GEOCONSERVACIÓN

ABSTRACT

Geoheritage is crucial for understanding the planet's evolution, for protecting and conserving the natural resources we have inherited, and for preserving knowledge for future generations. The central problem is the lack of systematization of Sites of Geological Interest (SGIs) in the high Andes and its implications for territorial management and geoconservation. This translates into an increased risk of geodiversity degradation in the high Andean zone, an area that is currently poorly protected. This work focused on identifying sites with geological heritage in the Copiapó - Paso San Francisco transect, including Caos de Puquios, Salar de Maricunga and the Seismiles complex, using internationally recognized methodologies for the identification, description, and assessment of SGIs. This area has great scientific potential due to its geological complexity, richness in structures and lithologies, and marked geological evolution with units ranging from the Paleozoic to the Neogene.

Fourteen sites were selected, four from the pre-Andean region, five from the high plateau, and five from the high Andean region, for evaluation according to three types of interest: educational use, tourist use, and risk of degradation of the geological site, in order to generate a scientific basis to support future conservation strategies, and to promote educational and tourist use by making available a proposed tourist itinerary of places of geological interest. The results showed that the studied LIGs have great geological value; however, a notable devaluation of the sites in their potential for tourist use and educational use was observed. Therefore, a slight change in the methodology was proposed for future work, to adapt it to the geographical context of the study.

GEOHERITAGE – ASSESSMENT – RISK OF DEGRADATION – GEOCONSERVATION

ÍNDICE

CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 Problema de Estudio.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
1.4 Objetivos	4
1.5 Ubicación y Accesos	5
1.6 Clima	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Patrimonio Geológico.....	7
2.2 Conceptos relevantes.....	8
2.2.1 Geodiversidad.....	8
2.2.2 Georrecursos	9
2.2.3 Geositio	10
2.2.4 Geoconservación	10
2.2.5 Lugares de Interés Geológico (LIGs)	11
2.2.6 Geoturismo	12
2.2.7 Geoparques.....	12
2.3 Historia Mundial del Geopatrimonio	13
2.4 Historia del Patrimonio Geológico en Chile.....	15
CAPÍTULO 3: MARCO GEOLÓGICO	19
3.1 Contexto Geológico Regional	19
3.2 Geología Local	22
3.2.1 Paleozoico	22
3.2.2 Triásico	23
3.2.4 Cretácico	26
3.2.5 Paleógeno	28
3.2.6 Unidades Volcánicas Y Subvolcánicas de la Franja de Maricunga	32
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA.....	37
4.1 Recopilación de Antecedentes	37
4.2 Creación de inventario preliminar	37
4.3 Caracterización de LIGs.....	39
4.4 Visita y Caracterización en terreno	40

4.5 Evaluación de LIGs.....	40
4.6 Valorización y clasificación de los LIGs.....	45
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	47
5.1 Inventario	47
5.2 Valoración de LIGs	49
5.3 Tablas de Valoración Por sitios:	49
5.4 Valoración Final	95
CAPÍTULO 6: ITINERARIO TURÍSTICO PROPUESTO.....	96
6.1 Ruta 1.....	96
6.2 Ruta 2.....	99
CAPÍTULO 7: DISCUSIÓN	101
7.1 Evaluación de los criterios asociados a las zonas urbanas propuestos por De Lima <i>et al.</i> (2010) para la zona cordillerana de la región de Atacama	101
7.3 Propuesta metodológica alternativa para el Norte de Chile.....	101
7.2 El problema con la geoconservación a nivel local.....	102
CAPÍTULO 8: CONCLUSIÓN	104
CAPITULO 9: REFERENCIAS.....	106
CAPÍTULO 10: ANEXOS.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Modelo de Inventario de LIGs (modificado de Vegas, 2013)	38
Tabla 2: Ficha Descriptiva de Patrimonio Geológico (modificado de Henao y Osorio, 2011).	39
Tabla 3: Potencial de Uso Educativo y Turístico (De Lima et al., 2010).	41
Tabla 4: Riesgo de Degradación (modificado de De Lima et al., 2010).	42
Tabla 5: Criterios utilizados para evaluar el potencial uso educativo de los sitios geológicos, en el que un valor final alto significa una mayor adecuación para usos educativos (modificado de De Lima et al., 2010).	43
Tabla 6: Criterios utilizados para evaluar el potencial uso turístico de sitios geológicos, en el que un valor final alto significa una mayor adecuación para usos turísticos (modificado de De Lima, et al., 2010).	44
Tabla 7: Criterios utilizados para evaluar el riesgo de degradación de un geositio y los pesos correspondientes, en el que un valor final alto significa un mayor riesgo de degradación, lo que denota una mayor necesidad de un plan de gestión (modificado de De Lima et al., 2010).	45
Tabla 8: Resumen Comparativo de la Valorización	46
Tabla 9: Rangos de Clasificación.	46
Tabla 10: Rangos de Valoración	49
Tabla 11: Geositio Caos de Puquios	50
Tabla 12: Descripción geológica de Caos de Puquios	52
Tabla 13: Tabla de potencial de uso del Caos de Puquios	53
Tabla 14: Tabla de riesgo de degradación del Caos de Puquios	53
Tabla 15: Geositio Quebrada La Cachivarita	54
Tabla 16: Descripción geológica de Quebrada La Cachivarita	55
Tabla 17: Tabla de potencial de uso de la Quebrada La Cachivarita	56
Tabla 18: Tabla de riesgo de degradación de la Quebrada La Cachivarita	56
Tabla 19: Geositio Quebrada El Carbón	58
Tabla 20: Descripción geológica Quebrada El Carbón	59
Tabla 21: Tabla de potencial de uso de la quebrada el Carbón	60
Tabla 22: Tabla de riesgo de degradación de la quebrada El Carbón	60
Tabla 23: Geositio La Puerta	61
Tabla 24: Tabla de Potencial de uso de La Puerta	62
Tabla 25: Tabla de riesgo de degradación del La Puerta.	62
Tabla 26: Descripción Geológica de La Puerta	63
Tabla 27: Geositio Salar de Maricunga	64
Tabla 28: Descripción geológica del Salar de Maricunga	65
Tabla 29: Tabla de potencial de uso del Salar de Maricunga	66
Tabla 30: Tabla de potencial de uso del Salar de Maricunga	66
Tabla 31: Geositio Río Lamas	67
Tabla 32: Descripción geológica del Río Lamas	69
Tabla 33: Tabla de potencial de uso del Río Lamas	69

Tabla 34: Tabla de riesgo de degradación del rio Lamas	70
Tabla 35: Geositio Laguna Verde	71
Tabla 36: Descripción geológica de Laguna Verde	72
Tabla 37: Tabla de potencial de uso de la Laguna Verde	73
Tabla 38: Tabla de riesgo de degradación de la Laguna Verde	73
Tabla 39: Geositio Laguna del Negro Francisco	76
Tabla 40: Descripción geológica de La Laguna del Negro Francisco	77
Tabla 41: Tabla de potencial de uso de la Laguna del Negro Francisco	78
Tabla 42: Tabla de riesgo de degradación de la Laguna del Negro Francisco	78
Tabla 43: Geositio Laguna Santa Rosa	80
Tabla 44: Descripción geológica de la Laguna Santa Rosa	82
Tabla 45: Tabla de potencial de uso de la Laguna Santa Rosa	83
Tabla 46: Tabla de riesgo de degradación de la Laguna Santa Rosa	83
Tabla 47: Geositio volcán Nevado Tres Cruces	85
Tabla 48: Descripción geológica volcán Nevado Tres Cruces	86
Tabla 49: Tabla de potencial de uso del Nevado Tres Cruces	87
Tabla 50: Tabla de riesgo de degradación del volcán Nevado Tres Cruces	87
Tabla 51: Geositio volcán Ojos del Salado	88
Tabla 52: Descripción geológica del volcán Ojos del Salado	90
Tabla 53: Tabla de potencial de uso del volcán Ojos del Salado	91
Tabla 54: Tabla de riesgo de degradación del volcán Ojos del Salado	91
Tabla 55: Geositio volcán Copiapó y volcán Azufre	93
Tabla 56: Descripción geológica del volcán Azufre y Volcán Copiapó	94
Tabla 57: Tabla de potencial de uso del Volcán Copiapó	94
Tabla 58: Tabla de riesgo de degradación del Volcán Copiapó	95
Tabla 59: Tabla de Valoración Final	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Ubicación de la zona de estudio.	6
Figura 2: Mapa Geológico de la zona de estudio, escala 1:700.000, extraído y modificado de (Iriarte et al., 1996; Cornejo et al., 1998; Matthews et al., 2006; Mpodozis et al., 2012; Clavero et al., 2012; Naranjo et al., 2019). Elaboración Propia	21
Figura 3: Distribución de los LIGs en el área de estudio Puede ser dividida en 3 sectores relativos a su distancia a la ciudad de Copiapó: Proximal (P), Central (C) y Distal (D), tomando como referencia la ciudad de Copiapó. En el sector Proximal estarían lo LIGs N°1, N°2 y N°3 N°4. En Zona Central en relación con la accesibilidad, será dividido en zona central norte (CN) y zona central Sur (CS), en donde encontramos Los LIGs N°5 y N°10 en la zona Central Norte y los LIGs N°11 y N°12 en la zona Central Sur. Finalmente, en el sector Distal encontramos los LIG, N°6, N°7, N°8 y N°9.....	48
Figura 4: Mapa de ubicación del sitio Caos de Puquios. Se resalta la ubicación de las ruinas de Puquios. Elaboración Propia.....	50
Figura 5: Ruinas de Puquios cedida por Geoturismo Lickanantay.....	50
Figura 6: Vista de la Unidad del Caos de Puquios, modificada de Reinoso, (2019). Elaboración Propia	51
Figura 7: Vista fotográfica de las estructuras de plegamiento presentes en la zona del caos de puquios	52
Figura 8: Foto en donde se delimitan las unidades de calizas plegadas presentes en el sitio.....	52
Figura 9: Mapa de ubicación del sitio Quebrada La Cachivarita, donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo. Elaboración Propia	54
Figura 10: Vista de la quebrada en donde se resalta el afloramiento con flora fósil. b) Acercamiento del afloramiento	54
Figura 11: Vista de un afloramiento de la Fm. La Ternera en Quebrada La Cachivarita	55
Figura 12: a) Muestra fósil de Dictyophyllum, b) Muestra fósil de Taeniopteris, c) Muestra fósil de Cladophlebis, d) Muestra fósil de Saportaea dichotoma, e) Muestra fósil de Linguifolium. Fotografías tomadas por Phillippe Moisan	55
Figura 13: Mapa de ubicación del sitio Quebrada El Carbón, en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo	59
Figura 14: Ruinas encontradas en la zona de la quebrada	59
Figura 15: Horizonte Carbonoso en la Fm. La Ternera.....	59
Figura 16: Fotografía de tronco fósil encontrado en la zona	61
Figura 17: Mapa de ubicación del sitio La Puerta, en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo.	61
Figura 18: Vista del sector del valle de la puerta.....	61
Figura 19: Mapa geológico de la zona de La Puerta, extraído y modificado de Iriarte et al., (1996)	63

Figura 20: Mapa de ubicación del Salar de Maricunga, en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo. Elaboración Propia	64
Figura 21: Vista panorámica del salar de Maricunga.	64
Figura 22: Mapa geológico de las unidades salinas presentes en el salar de Maricunga. Adaptado de Tassara (1996) y Cervetto (2021).....	65
Figura 23: Mapa de ubicación del río Lamas, en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo.	67
Figura 24: Vista panorámica del río Lamas.	67
Figura 25: a) Fotografía panorámica del río Lamas, b) Demarcación de las unidades geológicas circundantes al río.	69
Figura 26: Mapa de ubicación de la Laguna Verde (7), en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo. Elaboración Propia.	71
Figura 27: Vista hacia la Laguna Verde, en donde se aprecia además una piscina de agua termal.	71
Figura 28: Depósitos salinos de la Laguna Verde, en donde se observa además piscinas de agua termal	72
Figura 29: Mapa de ubicación de la Laguna del Negro Francisco.	75
Figura 30: Vista del Refugio de la CONAF en la laguna	75
Figura 31: a) y b): Vista interior del refugio.....	76
Figura 32: Mapa Geológico simplificado de la zona de la Laguna Del Negro Francisco, en donde se observan las unidades volcánicas que rodean a la laguna. Extraído y modificado de Mpodozis et al., (2012).....	77
Figura 33: Vista Al Volcán Azufre desde la Laguna del Negro Francisco.	77
Figura 34: Mapa de ubicación de la laguna Santa Rosa (10), en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo y Mirador.	80
Figura 35: Vista de la Laguna Santa Rosa en donde se observa parte de sus depósitos Salinos	80
Figura 36: Vista panorámica desde el mirador de La Laguna Santa Rosa, en donde se demarca el depósito salino [a), b), c)]	82
Figura 37: Mapa de ubicación del Volcán Nevado Tres Cruces (9) y el Volcán Ojos del Salado (8), en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo. Elaboración Propia	85
Figura 38: Vista desde el Río Lamas, hacia el macizo Tres Cruces	85
Figura 39: Vista panorámica del Complejo Volcánico tres cruces en donde se demarcan las tres cumbres del macizo tres cruces	86
Figura 40: Mapa de ubicación del Volcán Nevado tres Cruces (9) y el Volcán Ojos del Salado (8), en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo. Elaboración Propia	88
Figura 41: Vista panorámica del volcán ojos del salado.	88
Figura 42: Demarcación del lugar en donde fue tomada la fotografía en donde se observa el desvío en ruta hacia el volcán Nevado Ojos del salado, además, en la fotografía se demarca el complejo definido por Naranjo et al., (2019)	90
Figura 43: Mapa de ubicación del Volcán Copiapó (11). Elaboración Propia.	92

Figura 44: Vista panorámica del Volcán Copiapó.....	92
Figura 45: Vista del Volcán Azufre desde la Laguna del Negro Francisco.	93
Figura 46: Mapa geológico del Volcán Copiapó y Volcán Azufre, extraído y modificado de Mercado et al., (1982)	94
Figura 47: Mapa indicativo de la Ruta 1 (Donde los puntos representan las paradas en la ruta).....	99
Figura 48: Mapa indicativo de la Ruta 2 (Donde los puntos representan las paradas en la ruta).....	100

CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO

1.1 INTRODUCCIÓN

El patrimonio geológico constituye una parte sustancial del patrimonio natural, está formado por elementos geológicos que presentan una especial singularidad debido, fundamentalmente, a su interés científico y/o didáctico (Carcavilla *et al.*, 2009). A través del estudio de las rocas, estructuras, formaciones y paisajes geológicos, es posible reconstruir la evolución tectónica, paleogeográfica y ambiental de una región determinada. Su estudio y conservación se han convertido en asuntos prioritarios dentro de las ciencias geológicas contemporáneas, especialmente en regiones donde la diversidad geológica y geomorfológica se expresa con particular riqueza, como ocurre en el norte de Chile (Abad *et al.*, 2024).

La comprensión del contexto geológico de los sitios permite discernir una línea de tiempo en la historia de vida de un sitio, su ambiente de formación, y los eventos geológicos sucedidos durante su génesis (Goldberg & Macphail, 2006).

La región de Atacama conforma una zona rica en términos geológicos, por su compleja evolución tectónica y su posición dentro de un margen tectónico convergente activo bajo un régimen de flat slab (Charrier *et al.*, 2007). Estas características otorgan al territorio un alto potencial para la investigación geocientífica y la conservación del patrimonio natural, sin embargo, pese a esta riqueza, la sistematización del conocimiento geopatrimonial en la zona cordillerana de Copiapó sigue siendo escasa. La mayoría de los estudios previos se concentran en sectores costeros (Castro, *et al.*, 2013; Abad, *et al.*, 2022; Chirino G. 2025), lo que ha generado escasez de información actualizada respecto de los lugares de interés geológico (LIGs) en la alta cordillera. Esta situación plantea un desafío importante para la gestión territorial y la planificación ambiental, ya que la falta de inventarios detallados dificulta la implementación de políticas de geoconservación efectivas y aumenta el riesgo de degradación de la geodiversidad local.

El conocimiento y valoración del patrimonio geológico cobran una significación particular al constituir la base para la implementación de estrategias de geoconservación, las cuales posibilitan la protección de los sitios frente a amenazas naturales o antrópicas y, a su vez, impulsan su aprovechamiento educativo, científico y turístico, considerando que en los últimos años la sociedad ha experimentado una mayor conciencia respecto a su entorno y a la protección del medio ambiente, además, el fomento de un desarrollo sostenible ha avanzado considerablemente, permitiendo al mismo tiempo el avance de iniciativas que apuntan hacia la protección de la geodiversidad y el patrimonio geológico (Carcavilla *et al.*, 2014).

En este marco, la presente investigación se centra en los sitios de interés geológico que se encuentran en el transecto Copiapó - Paso San Francisco, incluyendo Salar de Maricunga, el complejo de los Seismiles y la Laguna Del Negro Francisco, su importancia radica en que permite leer, en sus rocas y relieves, la historia de la formación de la Cordillera de los Andes (Sánchez, 2018; Castro, *et al.*, 2021; Contreras *et al.*, 2024).

La metodología utilizada adopta y adapta aquella utilizada por el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG), propuesta por Vegas (2013), como eje central para la identificación de los Lugares de Interés Geológico (LIG). Para su caracterización y evaluación se utilizan las metodologías propuestas por Henao y Osorio (2011) y De Lima *et al.* (2010). La primera fase del proceso consistió en una revisión bibliográfica exhaustiva. Posteriormente, los LIG identificados fueron caracterizados mediante una ficha descriptiva individual, diseñada con base en el modelo de Henao y Osorio (2011), en el cual se modificaron ciertos criterios como la representatividad y la monumentalidad para ajustarse a las particularidades del contexto local y a los objetivos del presente estudio. La valoración se realiza según tres tipos de interés: Uso educativo, uso turístico y riesgo de degradación del sitio geológico. Para la evaluación del potencial educativo y del potencial turístico se utilizaron 10 parámetros para cada uno y 5 parámetros para evaluar el riesgo de degradación del sitio geológico. Los valores obtenidos se registran en una tabla para la obtención del valor final. De acuerdo con esta metodología, el menor puntaje posible

es de 100 puntos y como máximo se obtiene 400 puntos. Finalmente, se presentan los resultados, la propuesta de geositios y las recomendaciones para su conservación y gestión, destacando la relevancia científica y socioambiental del patrimonio geológico en la cordillera de Copiapó.

1.2 Problema de Estudio

La región de Atacama, específicamente la comuna de Copiapó, es una zona en donde la clasificación del patrimonio geológico es relativamente reciente. (Castro *et al.*, 2012; Castro *et al.*, 2013; Abad *et al.*, 2022; Chirino, 2025). Las investigaciones geopatrimoniales realizadas se han enfocado principalmente en las áreas más turísticas y cercanas a los centros urbanos, como aquellas cercanas a la ciudad de Copiapó o la zona costera de la región, cercanas a Caldera, (Castro *et al.*, 2013; Manríquez *et al.*, 2019). En cambio, los estudios realizados en la zona comprendida en el transecto Copiapó - Paso San Francisco, incluyendo el Salar de Maricunga, el complejo de los Seismiles y la Laguna Del Negro Francisco son escasos y solo incluyen un geositio (Izquierdo *et al.*, 2024; Campos *et al.*, 2025; Chirino Gálvez *et al.*, 2025), lo que representa un desafío para las iniciativas de geoconservación, y, además, incrementa el riesgo de degradación de la geodiversidad en la alta cordillera.

A partir de esta escasez de información, el presente estudio busca identificar, seleccionar y valorizar nuevos sitios de interés geológico, además de crear rutas patrimoniales de los lugares considerados como sitios de interés.

1.3 Hipótesis

La diversidad del patrimonio geológico presente en el transecto Copiapó – Paso San Francisco, incluyendo el Salar de Maricunga, el complejo de los Seis miles y la Laguna del Negro Francisco, constituye un campo fértil para el turismo y la educación, al exhibir indicadores geológicos clave sobre la formación de los Andes en la región de

Atacama. En consecuencia, la realización de un estudio geopatrimonial permite establecer una base técnica para la geoconservación y divulgación científica que impulse el turismo sostenible, asegurando la protección de los geositos frente a la degradación antrópica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar y caracterizar el patrimonio geológico de la zona comprendida en transecto Copiapó - Paso San Francisco, incluyendo el Salar de Maricunga, el complejo de los Seismiles y la Laguna del Negro Francisco de la comuna de Copiapó, mediante metodologías actualizadas para la identificación de geositos, y generar una base científica que sustente futuras estrategias de geoconservación.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Elaborar un inventario de lugares de interés geológico (LIGs) en el transecto Copiapó - Paso San Francisco, incluyendo sitios críticos como Caos de Puquios, Salar de Maricunga y el complejo de los Seismiles.
- Realizar una ficha descriptiva sintética del patrimonio geológico de la zona alta cordillerana.
- Evaluar el valor (científico y didáctico) y el valor de uso (turístico y recreativo) de los geositos identificados, utilizando metodologías estandarizadas de valoración geopatrimonial.
- Evaluar el riesgo de degradación que posee cada sitio, con el fin de detectar amenazas y posibles vulnerabilidades que puedan afectar la integridad de los sitios.
- Seleccionar los lugares más representativos, considerando variables como rutas de acceso, interés turístico, educativo, científico, etc.

1.5 Ubicación y Accesos

La zona de estudio se ubica en la comuna de Copiapó, situada en la Región de Atacama, entre la latitud 27° y 29° Sur, la provincia posee una superficie de 1.778.352,4 hectáreas lo que representa el 23.5% de la superficie total de la región (Ministerio de Obras Públicas, 2026).

El acceso al área de estudio se realiza desde la ciudad de Copiapó, por la carretera del Inca hacia la carretera C-371 con dirección al NE por aproximadamente 16.5 km, luego se toma la ruta CH-31 por 36 km hasta llegar a la zona de Caos de Puquios. Este es el punto más occidental del área, desde allí siguiendo la ruta CH-31 por 20 km encontramos el sector de la puerta, desde este punto tenemos dos opciones, la primera es continuar por la ruta CH-31 hasta el km 175 aproximadamente hasta llegar al control fronterizo de Carabineros a la altura del Salar de Maricunga y desde allí continuando 50 km hasta llegar a la zona de Laguna Verde; o tomar el segundo acceso continuando desde el comienzo de la ruta CH-31 hacia el NE por aproximadamente 65 km hasta llegar a la ruta C-601 y desde allí unos 170 km hasta finalmente llegar a la Laguna del Negro Francisco.

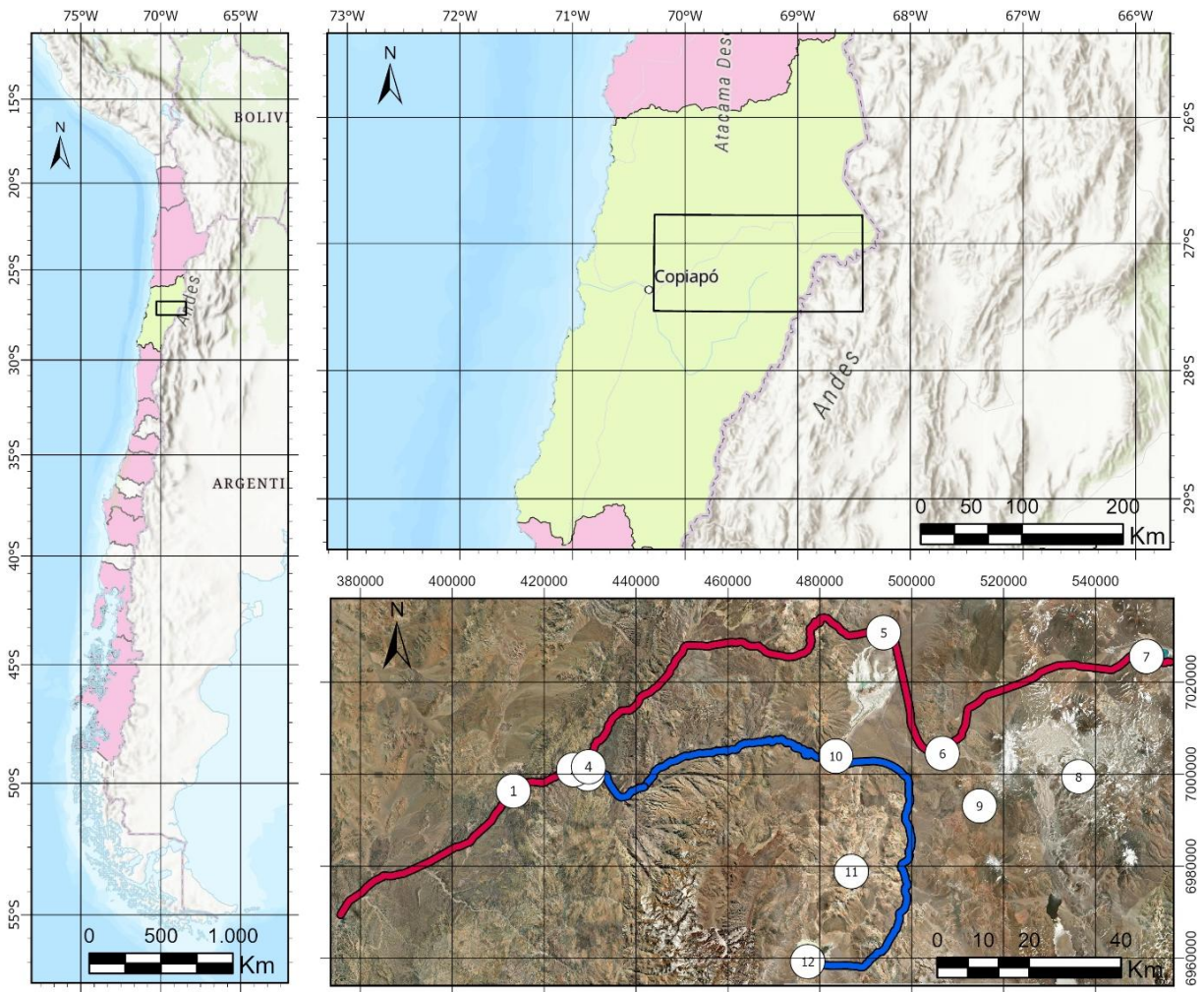


Figura 1: Mapa de Ubicación de la zona de estudio.

1.6 Clima

Latitudinalmente la región se sitúa en la zona de anticiclones tropicales (Strahler & Strahler 1986, Aguado & Burt 2004), donde confluyen tres corrientes de circulación atmosférica, por el norte el cinturón de vientos Alisios limitado por la Alta cordillera, así como también por el Este proveniente de la vertiente amazónica, que en la zona trae precipitaciones estivales de manera decreciente de norte a sur.

Por el sur las últimas manifestaciones del cinturón de vientos de Oeste proveniente de las latitudes más templadas que es por donde viajan los sistemas

frontales y bajas migratorias provenientes del suroeste, el cual se encuentra modulado por el Anticiclón subtropical del Pacífico Sur (ASPS) (Garreaud et al. 2003).

Estos rasgos climáticos, en combinación con la Corriente fría de Humboldt y la Cordillera de los Andes, controlan las condiciones climáticas a lo largo de Chile continental (Julia *et al.*, 2008).

En la región de Atacama la combinación longitudinal y transversal de factores locales como el relieve y la circulación atmosférica en la zona originan una variedad de tipos y matices climáticos. La Dirección de Meteorológica de Chile establece que el clima de la región de Atacama presenta 4 tipos de climas distintivos, en la zona costera encontramos un clima desértico costero con nubosidad abundante (BWn), hacia el este encontramos un clima desértico Transicional (BW_i), luego en la zona precordillerana tenemos un clima desértico frío de montaña (BW_k'G) y finalmente en la zona alta cordillerana de la región encontramos un clima de tundra de alta montaña (EB). En el área de estudio, sin embargo, encontramos solo 3 de los 4 tipos de climas presentes en la región (BW_i, BW_k'G, y EB) (Julia *et al.*, 2008).

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Patrimonio Geológico

El estudio del patrimonio geológico es una de las áreas de investigación geológicas más nuevas desarrolladas en los últimos años. Este se centra especialmente en buscar, identificar, valorar y divulgar aquellos lugares que posean un elevado valor en relación con las Ciencias de la Tierra. (Castro *et al.*, 2021; Abad *et al.*, 2022; Izquierdo *et al.*, 2024; Espinoza *et al.*, 2025). Se manifiesta como una nueva forma de comprender nuestro entorno y cómo este se relaciona con el resto de la sociedad. Actualmente la protección del medio ambiente y el desarrollo de políticas sustentables se consideran una prioridad colectiva no solo a nivel social, sino que también a nivel político y una parte importante del entorno natural lo componen elementos geológicos,

de valor propio y de interés único, por lo que su preservación también es una prioridad. (Manríquez *et al.*, 2019)

Son varios los autores que definen el patrimonio geológico (Doyle *et al.*, 1994; Cendrero, 1996; Durán, 1999; Guillen y del Ramo 2004), sin embargo, Carcavilla (2014) lo define de manera completa como, “Conjunto de elementos geológicos que presentan una especial singularidad debido, fundamentalmente, a su interés científico y/o didáctico. El patrimonio geológico forma parte del patrimonio natural e incluye formas, elementos y/o estructuras originadas por cualquier proceso geológico”, por lo tanto, estaría incluido cualquiera de los enclaves relevantes para la geología, como lo son la tectónica, la mineralogía, la hidrogeología, la geología ambiental, la petrología, la paleontología, la geomorfología, etc.

En el caso particular de Chile, Rubilar (2008). Se refiere fundamentalmente a sitios o localidades donde se encuentran componentes significativos (materiales o del paisaje) para la Geología y las Ciencias de la Tierra en su conjunto, y las acciones involucradas se centran en la gestión patrimonial y turística de tales áreas.

2.2 Conceptos relevantes

2.2.1 Geodiversidad

Para Nieto (2001), geodiversidad es: “el número y variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas, materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluida la antrópica”

Gray (2004; 2008; 2013) establece que: "La geodiversidad puede ser definida como el rango natural (diversidad) de características geológicas (rocas, minerales, fósiles), geomorfológicas (paisaje, topografía, procesos físicos), suelo y características hidrogeológicas. Incluye sus ensamblajes, formaciones, estructuras, sistemas y contribuciones al paisaje que observamos".

Carcavilla *et al.* (2007) establece que la geodiversidad o también llamada diversidad geológica se refiere al número y variedad de elementos geológicos presentes en un lugar: las rocas y sedimentos del sustrato, la geometría y estructura que presentan, su composición y los minerales que las forman, los suelos formados sobre ellas, los fósiles que contienen, las formas del relieve y los procesos que dan lugar a cada uno de ellos. También forman parte de la geodiversidad los recursos naturales de origen geológico, como los yacimientos minerales, recursos energéticos (carbón, petróleo, gas), acuíferos y recursos hídricos. En esta definición se podría incluir la evidencia de los procesos allí mencionados que podrían ser de origen sedimentario, tectónico, geomorfológico, hidrogeológico, petrológico, etc.

La geodiversidad incluye la evaluación ambiental, ecológica y biológica de la Tierra en el tiempo y en el espacio (ProGeo, 2011). El estudio de la geodiversidad se basa en el análisis de los diferentes elementos geológicos que componen una zona determinada y su relación entre sí, es decir, está íntimamente ligada a la zona estudiada y es cuantificable. Sin embargo, no todos los rasgos geológicos resultan ser igualmente importantes, por lo que su valoración permite identificar aquéllos que poseen una mayor relevancia y constituyen, por ello, un patrimonio (geopatrimonio) que debe ser conservado y aprovechado de manera sustentable.

2.2.2 Georrecursos

Villalobos (2001; 2006), define el concepto de georrecurso como un elemento, conjunto de elementos, lugares o espacios de alto valor geológico que cumplen con al menos una de las dos condiciones siguientes:

- 1) Que tengan un alto valor científico y/o didáctico
- 2) Que sean susceptibles de ser utilizados y gestionados como recursos con la finalidad de incrementar la capacidad de atracción global del territorio en el que

se ubican y, en consecuencia, de mejorar la calidad de vida de la población de su entorno.

A diferencia de los recursos geológicos tradicionales para explotación, los georrecursos se enfocan en la conservación y el estudio de la geodiversidad, como paisajes, rocas, minerales, fósiles y otros depósitos de la corteza terrestre. Un georrecurso puede ser establecido solamente por su valor geoturístico careciendo de un valor científico significativo.

2.2.3 Geositio

Brilha (2016) define los geositios como lugares o zonas cuyos elementos de geodiversidad *in situ*, es decir, inherentes al lugar posean un elevado valor científico, educativo, cultural y estético, que justifique su uso y conservación por la sociedad.

De igual forma, es importante considerar la definición dada por la Sociedad Geológica Chilena (SGCH) en el simposio de geopatrimonio del año 2009, en donde define un geositio como "un afloramiento, o varios afloramientos vecinos, que contienen un objeto geológico de valor, que vale la pena identificar y preservar. El valor puede ser de muy diversa naturaleza: estrictamente geológico, mineralógico, paleontológico, estructural, petrológico, paisajístico, geomorfológico, arqueológico, etc., y la mayor de las veces una combinación de estas características. Su identificación y posterior preservación contribuirá a la difusión de los valores de la ciencia geológica en el país, y a preservar para generaciones futuras sitios importantes para la ciencia, la cultura y la sociedad".

2.2.4 Geoconservación

La geoconservación es un concepto que varios autores han definido como un conjunto de prácticas y medidas destinadas a proteger los elementos de la geodiversidad y el patrimonio geológico. Se puede ver como el complemento de la conservación de la biodiversidad, pero enfocado en los componentes abióticos de la

naturaleza. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), una de las organizaciones más importantes en el ámbito de la conservación, la geoconservación se describe como "la práctica de conservar, mejorar y promover el conocimiento de la geodiversidad y del patrimonio geológico". Esta definición resalta los tres pilares fundamentales de la geoconservación: la protección activa, la restauración cuando sea necesaria y la divulgación de su importancia.

Eberhard, en 1997, propone una definición más integradora, refiriéndose a la geoconservación como la "identificación y conservación de las características geológicas, geomorfológicas y suelos, uniones de sistemas y procesos (geodiversidad) y sus procesos intrínsecos, ecológicos y patrimoniales". Esta perspectiva enfatiza la interconexión entre los elementos geológicos y los procesos que los forman, considerándolos en su totalidad.

Por su parte, Gray (2004) define la geoconservación como la protección de la naturaleza inanimada. Aunque esta definición es más sencilla, destaca el papel de la geoconservación como una disciplina que complementa la conservación de la biodiversidad.

Finalmente, José Brilha (2005), un destacado investigador en este campo señala que, la geoconservación se centra en la preservación de geositos o elementos excepcionales que merecen ser protegidos, más allá de la geodiversidad en general. Esto implica un proceso de selección y evaluación para identificar aquellos sitios que tienen un valor particular.

2.2.5 Lugares de Interés Geológico (LIGs)

Guillén (2004) define los Lugares de Interés Geológico (LIGs) como aquellas zonas de una región en las que afloran, o son visibles, los rasgos más característicos y mejor representados de su geodiversidad incluido su patrimonio geológico. Se consideran lugares de interés geológico también aquellos enclaves geológicos que, pese

a no tener una relevancia científica o estética sobresaliente, sí son representativos de la diversidad geológica local o regional.

Opcionalmente se emplean los términos de "geositio" o "georrecurso" para referirse de igual forma a estos lugares, pero se recomienda llamarlos LIGs (Carcavilla, 2014). Los LIGs se organizan en inventarios o catálogos, cuando han sido aprobados oficialmente, denotando la escala que ocupan: local, regional, nacional o internacional, según corresponda, con el fin de facilitar la gestión y preservación de dichos sitios.

2.2.6 Geoturismo

El geoturismo es un concepto relativamente nuevo, inicialmente definido por Hose (1995), como aquel servicio que permite el entendimiento geológico de un sitio y facilita la adquisición de ese conocimiento a los turistas, por sobre un nivel de pura apreciación estética. Joyce (2006) lo definió como una forma de turismo alternativo enfocado a la visita de geositios con el propósito de aprender acerca de sus afloramientos y geomorfologías. Sin embargo, esa definición solo incluye algunos elementos de la geodiversidad de un sitio. Actualmente el geoturismo está definido como un tipo de turismo alternativo enfocado principalmente en las características geológicas de un lugar. Se promueve además la conservación de la geodiversidad y el entendimiento de la tierra por medio de la apreciación y el aprendizaje. Esto se logra con visitas guiadas, independientes o por medio de actividades geopatrimoniales, etc. (Dowling, 2014).

2.2.7 Geoparques

Los geoparques son territorios promovidos por la UNESCO y definidos por la Red Global de Geoparques (GGN) como un área con límites claramente definidos y lo suficientemente grande que pueda servir al desarrollo económico y cultural local (especialmente a través del turismo). Cada Geoparque debe, sin embargo, presentar un

conjunto de sitios de importancia geológica internacional, regional y/o nacional, la historia geológica de una región y los acontecimientos y procesos que participaron en su formación (UNESCO, 2010).

Además, la GGN asegura que un geoparque es un área geográfica donde los sitios de patrimonio geológico forman parte de un concepto integral de protección, educación y desarrollo sostenible. El Geoparque debe tener en cuenta todo el entorno geográfico de la región, y no sólo incluir los lugares de importancia geológica.

La sinergia entre la geodiversidad, la biodiversidad y la cultura, sumada al patrimonio tangible e intangible son tales que temas no-geológicos deben ser destacados como parte integral de cada Geoparque (UNESCO, 2010).

De igual forma según la GGN los geoparques deben cumplir los siguientes roles:

1. Educativo: Un geoparque debe proporcionar las herramientas y actividades para comunicar el conocimiento geocientífico y los conceptos ambientales y culturales para el público general, también debe fomentar y divulgar la investigación científica en torno a las ciencias de la tierra y el medioambiente.

2. Conservación: Protección y preservación del geopatrimonio para generaciones futuras.

3. Turístico: Proveer de las herramientas para un desarrollo cultural y económico sustentable.

2.3 Historia Mundial del Geopatrimonio

El estudio del patrimonio geológico como el de la geodiversidad comenzaron a ser desarrollados en los años 70 en Europa, entre 1978 y 1989 en España se estableció

la base de lo que hoy se conoce como El Inventario Nacional de Lugares de Interés Geológico también conocido como sitios de interés geológico (Carcavilla *et al.*, 2018), con el objetivo de catalogar los sitios de interés geológico para promover su estudio, protección y divulgación. A partir de este punto, el desarrollo de esta disciplina se ha incrementado enormemente en los últimos tiempos en países de todo el mundo, mediante la publicación de diversos trabajos y desarrollo de inventarios de sitios de interés geológico (Partarrieu, 2013).

El punto de mayor notoriedad se alcanzaría en la década de los 90 con el desarrollo del programa “Geosites” bajo la directa contribución de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS, por sus siglas en inglés) con el propósito de seleccionar una lista con los sitios considerados más importantes por las ciencias geológicas en el mundo. El desarrollo de este inventario mundial ayudaría a impulsar el desarrollo de iniciativas nacionales e internacionales con el propósito de catalogar y salvaguardar los recursos geológicos y de ese modo utilizarlos con fines científicos, educativos y/o turísticos, además de ofrecer la oportunidad de contribuir potencialmente con el programa Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO (Wimbledon *et al.* 2000).

El Programa Geosites ha implementado criterios para la selección de los sitios de interés geológico para su base de datos. Algunos de dichos criterios son: representatividad, rareza, complejidad y geodiversidad, accesibilidad, entre otros. Sin embargo, el programa enfatiza que dichos criterios no son un sistema de clasificación rígido, ellos fomentan el desarrollo de marcos temáticos que permitan la selección de sitios como evidencia de los procesos geológicos del lugar o país, de esta manera cada país es libre de implementar criterios propios de selección acorde a su contexto geológico (Joyce, 2010).

En junio del año 2000 se crea la Red Europea de Geoparques o EGN por sus siglas en inglés, en donde describe un geoparque como un territorio que combina protección y promoción del patrimonio geológico con la idea de un desarrollo sustentable. En abril del 2001, la EGN y la UNESCO firmaron un acuerdo formal de

colaboración, actualmente la EGN comprende 47 territorios en 17 países europeos. En febrero del 2004 se establece en Francia con apoyo de la UNESCO la Red Global de Geoparques o por sus siglas en inglés la GGN, se estableció además la guía operacional para postular a la red, además de extender la invitación por medio de la división de ciencias de la tierra de la UNESCO a todo país que desee ser incluido en la GGN (si cumple los criterios y guías operacionales). (Zouros y Mc. Keever, 2004).

A nivel latinoamericano, de las declaraciones redactadas en la “I Conferencia Latinoamericana y del Caribe de Geoparques” celebrada en Araripe, Brasil el 2010, el “Taller Geopatrimonio y Geoparques en América Latina”, celebrado en la Ciudad de México, México el 2015, el “I Simposio de Geoparques” Arequipa, Perú el 2017 y el “IV Simposio Latinoamericano y del Caribe sobre Geoparques”, Arequipa, Perú el 2017, se creó la “Red de Geoparques de América Latina y el Caribe”. Las declaraciones de Araripe, México y Arequipa, al igual que la declaración de la “Red de Geoparques de América Latina y el Caribe” pueden ser revisadas en su totalidad en el Anexo A.

2.4 Historia del Patrimonio Geológico en Chile

El estudio del patrimonio geológico en Chile es una disciplina aún más nueva en comparación con el resto del mundo, no obstante, el estudio del geopatrimonio y la conciencia para su conservación han ido desarrollándose con fuerza durante este último tiempo (Gordon *et al.*, 2012; Hjort *et al.*, 2015; Kubalíková *et al.*, 2021; Abad de los Santos *et al.*, 2022).

En términos más concretos, Chile actualmente no cuenta con una estructura legal bien definida que promueva la protección del patrimonio geológico. Inicialmente se incluía la geología de un lugar dentro del término “Santuario de la Naturaleza”, dicha categoría se incluye en la ley N°17288, en donde se indica que “Son santuarios de la naturaleza todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas,

botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado”.

Los sitios mencionados que fueron declarados santuarios de la naturaleza quedarán bajo la custodia del Consejo de Monumentos Nacionales. No se podrá, sin la autorización previa del Consejo, iniciar en ellos trabajos de construcción o excavación, ni desarrollar actividades como pesca, caza, explotación rural o cualquiera otra actividad que pudiera alterar su estado natural. De esta manera la declaración de sitios de interés geológico como santuario nacional podría significar una posibilidad para la conservación de nuestro patrimonio geológico.

El 6 de septiembre del año 2023 se publicó la ley N°21600, en ella se agregan 6 nuevas categorías de áreas protegidas en Chile, en 3 de ellas se incluyen los rasgos geológicos y geomorfológicos como parte de aquellas áreas, más específicamente, se incluyen en la categoría de, Reserva de Río Virgen, Parque Nacional, y Monumento Natural. A pesar de esto, el patrimonio geológico como categoría propia aún no se encuentra definido en Chile. Sin embargo, existen iniciativas asociadas al estudio y protección del patrimonio geológico en el país. Para el año 2009 ya se había abordado el patrimonio geológico en Chile en la Serie de Geología Ambiental de la Carta Geológica de Chile, específicamente en la Carta de Antofagasta por Fernández y Marín (2009), se mencionan ocho sitios de interés geopatrimonial que constituyen afloramientos representativos del Jurásico al Holoceno (Mourgues, 2009). Además, en ese mismo año se incluyó el primer simposio de geopatrimonio en el XII Congreso Geológico Chileno, realizado en Santiago.

En el año 2011 se realizó el “I Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile”, en Melipeuco, IX Región de la Araucanía, en donde se redactó la Declaración de Melipeuco, en la que se incluían los principios para la creación de geoparques a nivel nacional, reafirmando los principios redactados en Araripe. Bajo esta iniciativa se creó el parque nacional Kütralkura, este comenzó a desarrollarse durante el año 2009, buscando incorporar este territorio de la Araucanía Andina a la Red Global de Geoparques de la UNESCO (Partarrieu, 2013), siendo finalmente reconocido por la

UNESCO el año 2019 como el primer Geoparque en Chile. Otras iniciativas incluyen trabajos a nivel local, como por ejemplo los trabajos de Castro *et al.* (2010, 2013) y Maldonado (2017) en la costa de Atacama, o Castro *et al.* (2012) en el mar de dunas de Atacama.

Es importante mencionar que la Sociedad Geológica de Chile posee un programa de detección y postulación de Geositios, hasta el año 2013 solo existían 6 geositios registrados, para este año 2026, poseen inscritos alrededor de 49 geositios, categorizados por zonas, Norte, Centro, Sur y Austral. La zona Norte, está dividida en 4 regiones, con un total de 12 geositios.

Los geositios por región en la zona norte son: Región de Arica y Parinacota (Catedral del Valle del Río Lauca, Morro de Arica, Laguna de Amuyo), Región de Tarapacá (Duna Cerro Dragón, Salar y Geoglifos de Pintados, Los Puquios del Salar de Llamara), Región de Antofagasta (Géiseres del Tatio, La Portada, Cráter de Impacto Monturaqui), Región de Atacama (Tonalita Orbicular, Parque Paleontológico los Dedos, Areniscas y Calizas de Quebrada Pinte).

La zona Centro posee 3 regiones, con un total de 10 geositios, estos son: Región de Coquimbo (Yacimiento Paleontológico Pichasca, Borde Costero Parque Nacional Fray Jorge, Dunas de Quereo), Región de Valparaíso (Cráter del Volcán Rano Kau, Acantilado Costero de Quirilluca, Dunas de Concón, Escalera del Diablo), Región Metropolitana y de Santiago (Disyunción Columnar Cerro Santa Lucia, Las Placas de Lo Valdés, Quebrada Las Amarillas).

La zona Sur la constituyen 4 regiones, con un total de 12 geositios, siendo estos: Región O'Higgins (Ignimbrita Pudahuel en Machalí, Huella de Dinosaurios en Termas del Flaco, Falla El Hierro), Región del Maule (Rocas de Constitución, Radial Siete Tazas, Disyunción Columnar La Cárcel), Región del Ñuble (Cueva de Los Pincheira, Iglesia de Piedra de Cobquecura, Grutas Los Pangues), Región del Bío Bío (Caleta Cocholgüe, Anticlinal Volcado de Curamallín, Piedra del Águila).

Finalmente tenemos la Zona Austral, dividida en 5 regiones, con un total de 15 geositos, separados por región tenemos: Región de La Araucanía (Cono Navidad, Cráter del Volcán Villarrica, Cañadón Triful-Triful), Región de Los Ríos (Depósitos Interglaciares de Valdivia, Lavas AA y Pahoehoe del Volcán Villarrica, Cono Mirador), Región de Los Lagos (Sitio Paleo arqueológico de Pilauco, Saltos del Petrohue, Domos del Volcán Chaitén), Región de Aysén (Cerro Castillo, Capilla de Mármol, Piedra Clavada), Región de Magallanes y Antártica Chilena (Torres y Cuernos del Paine, Cono del Pali-Ake, Dientes de Navarino)

2.5 Geopatrimonio en la región de Atacama

Así como las iniciativas geopatrimoniales han tomado fuerza a través de los años en nuestro país, también lo han hecho en la región, con uno de los primeros trabajos realizados en la región por Castro, en el año 2010, orientado principalmente a la identificación y catalogación de peligros naturales en geositos de interés patrimonial en la zona costera de la región de Atacama, luego en el año 2011, Cáceres realizó un trabajo titulado “La Ruta de Segerstrom: transversa geoturística y geopatrimonial en la Provincia de” en donde se realiza una identificación previa de los sitios de interés geológico en la zona costera, el valle, la precordillera y la cordillera de la región de Atacama. En el año 2012, Castro realiza un estudio geomorfológico y geopatrimonial del mar de dunas de la región de Atacama. Luego en el año 2017, Maldonado realizó una evaluación geopatrimonial, enfocada principalmente en la zona costera de la región de Atacama. En el año 2021, Travela realizó un trabajo enfocado en el estudio geopatrimonial de la comuna de Copiapó y Caldera, pero con un enfoque más educativo. Finalmente, en el año 2023, Sola realizó un trabajo enfocado en el desarrollo de una propuesta de geositos en el valle de Huasco.

CAPÍTULO 3: MARCO GEOLÓGICO

3.1 Contexto Geológico Regional

La evolución geológica del norte de Chile está determinada y controlada por su contexto tectónico de margen convergente, desde el Proterozoico hasta el Paleozoico tardío, su evolución está marcada por la acreción de distintos terranes alóctonos y la migración del arco magmático hacia el este (Hervé *et al.*, 2007).

Desde el Paleozoico tardío hasta el Jurásico Temprano ocurre un cese o disminución de la subducción acompañado de una disminución en la actividad magmática, lo que coincide con la consolidación del supercontinente Pangea, además, la composición química de las rocas sugiere un aporte astenosférico, se especula un roll-back de la corteza oceánica causado por un elevado ángulo de convergencia, permitiendo la ascensión de fluido astenosférico y provocando un aumento en la temperatura de la corteza continental, lo que explicaría el régimen extensional y la formación de cuencas durante este periodo (Mpodozis *et al.*, 2007; Mpodozis & Ramos, 2008; Fuentes *et al.*, 2019; Oliveros *et al.*, 2020).

Desde el Jurásico Temprano hasta el Cretácico Temprano se reanuda la subducción acompañada de la formación de un arco magmático paralelo al margen continental, actual Cordillera de la Costa, acompañado al este por una cuenca de trasarco en donde, varios miles de metros de sedimentos marinos fueron depositados de manera concordante durante el Jurásico Temprano hasta el Cretácico Temprano, los cuales, muchos de ellos se encuentran interdigitados junto a depósitos volcánicos asociados al arco magmático, lo que evidencia un régimen extensional a transtensional.

Durante el Cretácico Tardío hasta el Paleógeno Temprano hubo un significativo aumento en la actividad magmática acompañado de grandes depósitos volcánicos y volcanoclásticos, mayormente asociado a la formación de calderas y una migración del arco magmático hacia el este (Actual Precordillera) y la formación de una cuenca de

antepaís. El régimen tectónico durante este periodo fue mayormente extensional, sin embargo, estuvo acompañado de un evento compresivo denominado como fase compresiva peruana asociada a un aumento en la velocidad de convergencia entre las placas, esta fase provocó la inversión tectónica de las cuencas presentes en ese periodo (Mpodozis *et al.*, 2007).

Finalmente, durante el Eoceno-Oligoceno representa una segunda fase compresiva, caracterizada por un levantamiento tectónico importante y la inversión tectónica de los depósitos sedimentarios y volcánicos del Mesozoico y Paleoceno (Charrier *et al.*, 2012).

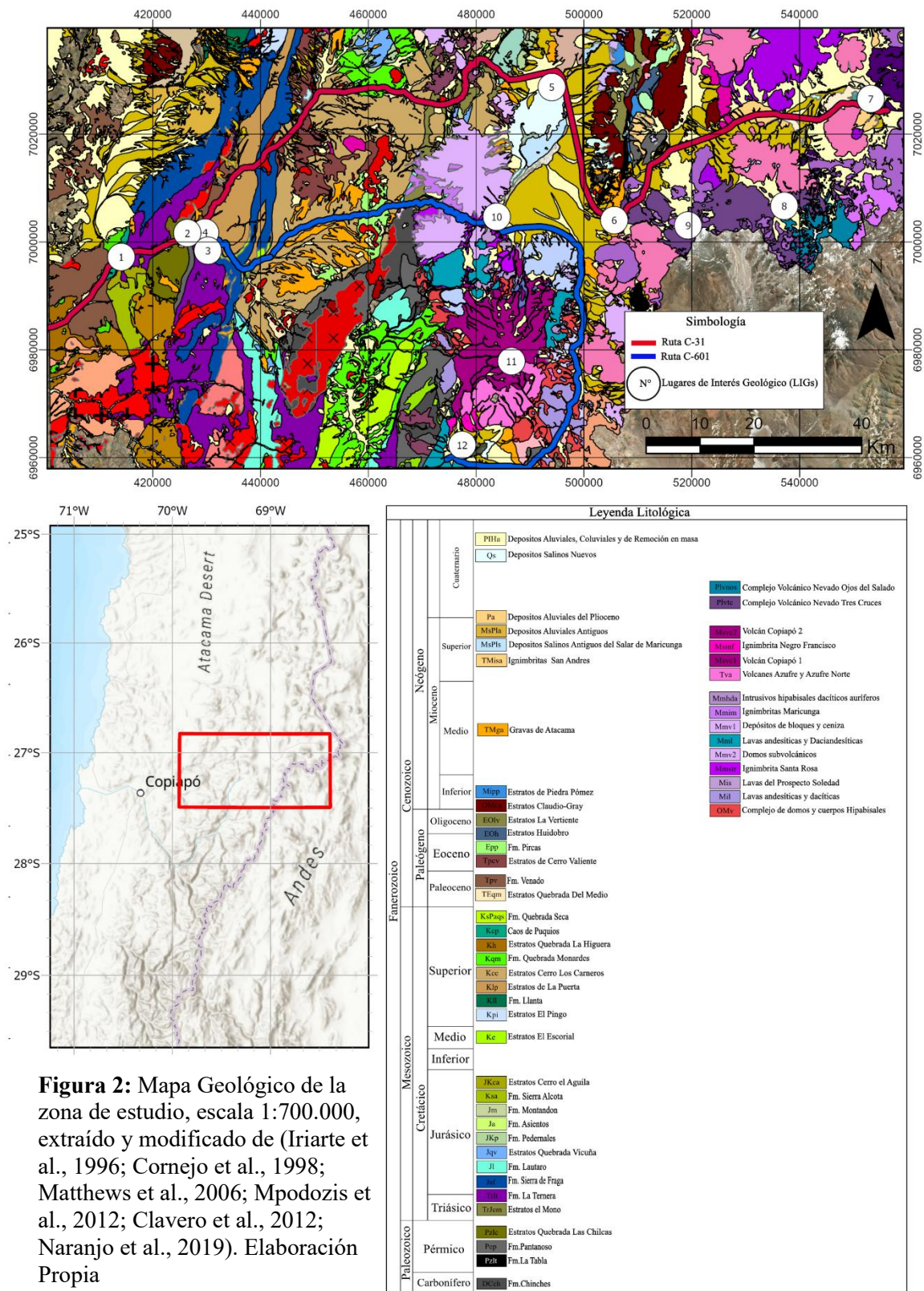


Figura 2: Mapa Geológico de la zona de estudio, escala 1:700.000, extraído y modificado de (Iriarte et al., 1996; Cornejo et al., 1998; Matthews et al., 2006; Mpodozis et al., 2012; Clavero et al., 2012; Naranjo et al., 2019). Elaboración Propia

3.2 Geología Local

La zona de estudio se encuentra en el transecto Copiapó - Paso San Francisco, incluyendo Caos de Puquios, Salar de Maricunga y el complejo de los Seismiles, presenta una geología variada, muy rica en estructuras y litologías, además de presentar una marcada evolución geológica con unidades del Paleozoico hasta el Neógeno. La geología de la zona se encuentra descrita en las cartas de Carrera Pinto, Inca de Oro, Salar de Maricunga, Negro Francisco, Laguna Wheelright y Paso San Francisco y Nevado Ojos del Salado (Iriarte D. *et al.*, 1992; Charrier *et al.*, 1994, 2012). A continuación, se detallan las unidades presentes en el área de estudio con base en sus edades de formación.

3.2.1 Paleozoico

3.2.1.1 Formación Chinchés (DCch) (Devónico-Carbonífero):

Alternancia de lutitas fosilíferas de color gris pardo y areniscas cuarzo feldespáticas verdosas. Posee intercalaciones de conglomerados y calizas, correspondientes a 500 metros de brechas volcanoclásticas, con fragmentos de andesitas porfídicas, tobas cubiertas por 2500 metros de lutitas negras a pardo verdosas. En Quebrada Chinchés, incluye restos fósiles de dientes y escamas de peces del género *Peloniscoid* atribuibles al carbonífero inferior (Mercado *et al.*, 1982; Dineley & Bell, 1985; Voigt *et al.*, 2025).

3.2.1.2 Formación La Tabla (Pzlt) (Paleozoico superior):

Secuencia maciza de tobas y brechas riolíticas y andesíticas, de color gris rojizo a verdoso. Posee un espesor aproximado de 1000 metros y se apoya discordantemente sobre la Formación Chinchés. Posee un nivel basal (1) constituido por 100 a 150 metros de areniscas líticas y brechas con clastos volcánicos, de composición riolítica, además de algunas intercalaciones de limonitas calcáreas de color gris rojizo. Finalmente, un nivel superior (2) constituido por toba y

brechas riolíticas, junto a un nivel menor de lavas y brechas andesíticas epidotizadas (García, 1967; Bell M. 1985; Cornejo *et al.*, 1998).

3.2.1.3 Formación Pantanoso (Pep): Corresponde a una secuencia de tobas riolíticas rojizas, brechas piroclásticas y lavas riolíticas. En el área de estudio se presenta como un lente tectónico de 14 km de longitud por 1 km de ancho, generado por la falla La Ternera. Se le asigna una edad del Paleozoico tardío (Mercado, 1982).

3.2.1.4 Estratos de Quebrada Las Chilcas (Pzlc) (Pérmico): Unidad sedimentaria integrado por paraconglomerados rojizos, de matriz gruesa y pobremente seleccionados, presentan un espesor considerable (Iriarte *et al.*, 1996). Los clastos son de composición riolítica. La serie se ve atravesada por un enjambre de diques básicos. Se le asignó una edad pérmica. Esta unidad forma parte del alóctono inferior del complejo extensional Sierra de Fraguas-Puquios (Sepulveda, 1993).

3.2.2 Triásico

3.2.2.1 Estratos el Mono (TrJem) (Triásico Superior - Jurásico inferior): Potente secuencia sedimentaria detrítica, definida inicialmente por Mercado (1982) en la Hoja Laguna Negro Francisco en donde se le atribuye una edad triásica superior extendida al Sinemuriano por la presencia de fósiles marinos de ese periodo (Mercado, 1982; Gallego y Covacevich, 1998). En la carta Salar de Maricunga, se describe un cambio gradual de los estratos el mono a las calizas de la Formación Montandon (Volosky *et al.*, 2025).

3.2.2.2 Formación La Ternera (Trlt): Secuencia sedimentaria y volcánica organizada en cuatro niveles estratigráficos, constituida por lavas y brechas andesíticas y dacíticas, areniscas y lutitas rojas, conglomerados

cuarcíferos y andesitas. Secuencia asociada al Triásico Superior por la presencia de flora fósil (Brüggen, 1950; Troncoso y Sepúlveda, 1993).

3.2.3.1 Formación Sierra de Fraga (JsF): Potente secuencia volcánica y sedimentaria marina, constituida por lavas andesíticas y brechas andesíticas con intercalaciones de calcarenitas a techo, seguido de calcarenitas fosilíferas, areniscas pardo rojizas, con intercalaciones de lutitas, posee estructuras de desecación, finalmente a muro tenemos lavas andesíticas, con amígdalas rellenas de clorita y cuarzo. Posee inmediata correlación con la Formación Sierra de Fraga descritas en Quebrada El Carbón, forma parte del denominado Alóctono 3, este se encuentra apoyado al este por una falla subhorizontal (Falla Fraga) sobre las secuencias triásicas de la Formación La Ternera del Alóctono 2 (Mpodozis y Davidson, 1979).

3.2.3.2 Formación Lautaro (JL) (Sinemuriano-Bajociano): 300 a 400 metros de una alternancia de areniscas y areniscas calcáreas que se apoyan en concordancia sobre la Formación la Ternera (Segerstrom *et al.*, 1968; Mpodozis y Davison (1979); Iriarte *et al.*, 1996).

3.2.3.3 Estratos de Quebrada Vicuña (Jqv) (Jurásico Superior): Unidad constituida por 400 metros de lavas andesíticas y andesítico-basálticas con relleno de calcita, clorita y calcedonia en vesículas, presencia en menor medida de lavas afaníticas con fenocristales de olivino, piroxeno y plagioclasa, con alteración argílica, estas lavas poseen intercalaciones de calizas y areniscas calcáreas, con presencia fósil de braquiópodos y pelecípodos (Zentilli, 1974; Müller y Perelló 1982; Cornejo *et al.* 1993).

3.2.3.4 Formación Pedernales (JKp) (Titoniano-Valanginiano): Unidad Constituida por 300 metros de alternancia de calizas y areniscas calcáreas fosilíferas de color pardo amarillo, con intercalaciones de areniscas

verdosas. Las calizas presentan contenido de fauna fósil (Harrington, 1961; Reyes y Pérez, 1985; Pérez y Reyes, 1986; Cornejo *et al.*, 1993).

3.2.3.5 Formación Asientos (Ja) (Bajociano superior - Calloviano):

Unidad constituida por aproximadamente 300 a 600 metros de una secuencia de calizas fosilíferas amarillas y areniscas volcanoclásticas verdes, con intercalaciones de lavas basálticas. Se encuentran concordantemente por sobre la Formación Montandón, e infrayace concordantemente a la formación Quebrada Vicuña. Se describe la presencia de fauna fósil del Bajociano superior - Calloviano en la unidad (Cisternas, 1997).

3.2.3.6 Formación Montandón (Jm) (Pliensbachiano-Bajociano

Medio): Unidad constituida por una alternancia de calizas y calcilutitas fosilíferas de color pardo gris (Muñoz, 1984).

3.2.3.7 Formación Sierra Alcota (Ksa) (Jurásico-Superior;

Cretácico-Inferior): Constituida por 800 metros de coladas andesíticas de color verde rojizas, que descansan sobre estratos de Cerro Águila (Mourgues *et al.*, 2009).

3.2.3.8 Estratos Cerro Aguila (JKca) (Jurásico-Superior; Cretácico-

Inferior): Secuencia volcanosedimentaria, apoyada en la zona sur del caos de puquios a través de la Falla Puquios, sobre la formación la ternera de un espesor aproximado de 500 metros está constituida de base a techo por, 250 metros de lavas andesíticas y andesítico-basálticas porfídicas, con olivino, con textura amigdaloidal en partes de la unidad, 200 metros de calizas bioclásticas gris amarillentas portadoras de amonites del Valanginiano superior. Finalmente 50 metros de arenisca volcánica (Sepúlveda, 1982; Iriarte *et al.*, 1996).

3.2.4 Cretácico

3.2.4.1 Estratos del Escorial (Ke) (Cretácico Inferior): Unidad constituida por 400 m de areniscas y conglomerados pardos rojizos con intercalaciones de lutitas estratificadas. Se les asocia una edad del Cretácico Inferior en base a su correlación con la Formación Quebrada Monardes del mismo periodo (Sepúlveda y Naranjo, 1982).

3.2.4.2 Estratos el Pingo (Kpi) (Turoniano-Santoniano): Constituida por una secuencia de rocas volcanoclásticas, compuesta principalmente por brechas volcánicas de composición andesítica, de coloración rojiza a verde pardo, las brechas contienen bloques angulosos a subangulosos, de tamaño bloque (Matthews *et al.*, 2006).

3.2.4.3 Formación Llanta (Kll) (Campaniano): Unidad constituida por secuencias de rocas sedimentarias continentales, en parte volcánicas. En su localidad tipo posee un espesor aproximado de 1000 m, aunque se reconocen repeticiones tectónicas de la unidad. La edad de esta formación ha sido determinada por un conjunto de dataciones de U-Pb y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dando como resultados edades de $76.8\pm0.1\text{Ma}$ a $76.7\pm0.5\text{Ma}$ llegando a $80.2\pm0.3\text{Ma}$ establecida como la edad máxima de la formación (Cornejo *et al.*, 1993).

3.2.4.4 Estratos de la Puerta (Klp) (Campaniano-Maastrichtiano): Secuencia Volcanosedimentaria de una potencia estimada de 1200 metros, constituida por potentes capas de brechas y conglomerados verdosos con clastos andesíticos epidotizados, delgadas intercalaciones de areniscas, lutitas e ignimbritas riolíticas y finalmente andesitas de piroxeno. La edad de esta unidad basándose en dataciones de K-Ar en las lavas andesíticas indicó un valor de entre los 65 y 80 Ma aproximadamente. (Sepúlveda y Naranjo, 1982)

3.2.4.5 Estratos de Cerro Los Carneros (Kcc) (Maastrichtiano-) Unidad de secuencias volcánicas continentales, de gran potencia (2000 metros

de espesor), constituidas por 3 miembros estratigráficos. El miembro inferior de 50 a 300 metros de espesor, constituido por lavas basálticas de olivino en su base. Las edades por K-Ar lo sitúan entre los 69 ± 2 y los 70 ± 3 Ma considerados estos como valores mínimos del miembro inferior. El miembro intermedio de 500 a 700 metros de espesor está constituido por traquiandesitas y andesitas basálticas e intercalaciones de tobas dacíticas instruidas por diques. Tanto las lavas como los flujos piroclásticos poseen una coloración gris violeta, de textura porfídica. Datación por K-Ar en el miembro medio lo sitúan en los 67 ± 2 Ma. Finalmente el miembro superior, el más potente de los tres, con 1500 metros de espesor, está constituido por ignimbritas riódacíticas de color rojizas en la base de este miembro, seguido del volumen principal correspondiente a brechas volcánicas gruesas con alternancia de tobas dacíticas de anfibolita y biotita. Dataciones por K-Ar en este miembro lo sitúan en 66 ± 4 Ma (Cornejo *et al.*, 1993; Canales *et al.*, 2023).

3.2.4.6 Formación Quebrada Monardes (Kqm) (Cretácico Inferior):

Secuencia sedimentaria clástica, de color pardo rojiza, de alrededor de 400 metros de espesor, constituida en su flanco occidental por bancos métricos de areniscas de coloración rojiza, de grano medio a grueso, con laminación planar, estratificación cruzada y alternancia de bancos delgados de areniscas finas y limonitas con laminación planar y grietas de desecación, lo que nos indican cambios de régimen y periodos de poca precipitación. Cercano al techo de la formación se observan niveles evaporíticos de aproximadamente 3 metros de espesor, compuesto por areniscas calcáreas y calizas microplegadas, con alternancia de capas de calcedonia maciza y calcita (Cornejo *et al.*, 1993).

3.2.4.7 Estrato Quebrada la Higuera (Kh): Unidad constituida por brechas y conglomerados verdoso, matriz-soportadas. Poseen intercalación de 150 a 500 m de areniscas rojizas de grano fino y calizas con algas estromatolíticas y tobas riolíticas, escasamente soldadas. Las rocas de esta unidad albergan mineralización de Cu y Ag en vetillas. (Arévalo, 1994)

3.2.4.8 Caos de Puquios (Kcp): Unidad tectónica constituida por bloques de calizas, se observan estructuras deformaciones tipo boudings, limitados por fallas normales de alto y bajo ángulo y deformados internamente, los bloques se encuentran inmersos en una matriz volcánica afectadas por deformación cataclasita (Mpodozis & Allmendinger, 1992, 1993).

3.2.4.9 Formación Quebrada Seca (KsPaqs): Unidad volcanosedimentaria de a lo menos 1000 metros de espesor, caracterizada por de base a techo. 550 metros de conglomerados y brechas con clastos volcánicos de composición andesítica, con estratificación gruesa y estructuras de paleocanales. Lavas dacíticas pardo rojizas (Muzzio, 1980; Mpodozis *et al.*, 2012).

3.2.5 Paleógeno

3.2.5.1 Estratos Quebrada Del Medio (TEqm): Constituido por 250 metros de Tobas riolíticas de color amarillento con intercalaciones de lavas andesíticas porfídicas, pardo grisáceas, depósitos de bloques y cenizas y pequeños domos dacíticos con fenocristales de cuarzo (Iriarte *et al.*, 1996).

3.2.5.2 Formación Venado (Tpv): Secuencia de al menos 1000 metros de espesor, constituida por desde base a techo, 200 metros de areniscas verdosas, bien estratificadas, con partes brechizadas, 400 metros de brechas con estratificación gruesa, pobremente seleccionadas, con intercalaciones de lavas andesíticas-basálticas y 400 metros de lavas andesíticas de color pardo gris (Sepúlveda y Naranjo, 1982).

3.2.5.3 Estratos del Cerro Valiente (TPcv) (Paleoceno Superior - Eoceno Inferior): Unidad Volcánica constituida por 3 niveles estratigráficos, un nivel superior, nivel intermedio y un nivel inferior. En la zona de estudio se

encuentra expuesto el miembro inferior, constituido por lavas y brechas daciandesíticas, con intercalaciones de tobas y lavas traquiandesitas, de color gris verdoso, de textura porfídica. El miembro inferior posee una edad estimada de entre 63 a 58 Ma en base a dataciones de edades por K-Ar, tanto en las lavas como en intercalaciones de rocas piroclásticas ubicándose en el Paleoceno Superior (Cornejo *et al.*, 1993).

3.2.5.4 Formación Pircas (Epp) (Eoceno Medio): Secuencia sedimentaria y volcánica de 800 metros de espesor, se identificaron 3 fases en la unidad. (a) Brechas sedimentarias pardas violáceas, conglomerados grises violáceos, areniscas verdes pardo-amarillentas, con intercalaciones de fangolitas y calizas lacustres andesitas y tobas, esta facie representa la base de la secuencia. (b) Andesitas Basálticas, traquiandesitas y tobas, que se disponen sobre la facie (a) y como intercalación de la facie (c). (c) 600 metros de conglomerados con clastos de calizas jurásicas (Clavero *et al.*, 2012).

3.2.5.5 Estratos Huidobro (EOh) (Eoceno-Oligoceno): Unidad informal considerada previamente como parte de los estratos Claudio-Gray. Diferenciado por Mpodozis y Clavero (2002). Corresponde a una secuencia principalmente sedimentaria, con componentes volcanoclásticos. Posee dos facies, una facie volcanoclástica (a), constituida por 15 metros de areniscas gruesas, brechas laharicas, tobas y estructuras de oleadas piroclásticas. Una facie evaporítica (b) constituida por capas centimétricas a decimétricas, de yeso y en menor medida, por niveles de conglomerados y areniscas rojas (Clavero *et al.*, 2012).

3.2.5.6 Estratos La Vertiente (EOlv) (Eoceno-Oligoceno): Unidad informal considerada previamente como parte de los estratos Claudio-Gray. Constituida por una secuencia volcánica de al menos 300 metros de lavas andesíticas con textura traquítica (Mpodozis *et al.*, 2012).

3.2.5.7 Complejo Domos La Coipa (TOMdc) (Eoceno-Oligoceno):

Secuencia de lavas andesíticas, tobas y brechas con intercalaciones sedimentarias de arenisca y conglomerados (Oviedo *et al.*, 1991; Gamonal, 2015).

3.2.5.8 Estratos Claudio-Gray (OMcg) (Oligoceno Superior-Mioceno Inferior): Unidad constituida por potentes secuencias volcanosedimentarias, posee dos asociaciones de facies, una facie volcanoclásticas (a), constituida por rocas piroclásticas y epiclásticas. Y una fase lávica (b), constituida por los basaltos (Mpodozis, 1995; Kay *et al.*, 2008; Clavero *et al.*, 2012).

3.2.5.9 Estratos de Piedra Pómez (Mipp) (Mioceno inferior): Secuencia volcanoclástica, constituida por depósitos de bloques y cenizas semi consolidadas a bien consolidada, en su mayoría monomícticas, de tamaño bloque, de composición dacítica inmersos en una matriz de lapilli fina (Clavero *et al.*, 2012).

3.2.5.10 Intrusivos Hipabisales TEp (b) & (c) (Eoceno Medio - Eoceno Superior): Conjunto de cuerpos intrusivos hipabisales de pequeñas dimensiones, definidos como diques y stocks de hasta 4 km, de composición dacítica, de un color gris verdoso. Contiene fenocristales de biotita y piroxeno y masa fundamental microcristalina félsica, se observa la presencia de mineralización de cuarzo en vetillas (Matthews, Cornejo y Riquelme, 2006).

3.2.5.11 Complejo Domos La Coipa (TOMdc): Complejo de múltiples domos, riolíticos y dacíticos con alteración hidrotermal hospedantes del cuerpo mineral epitermal de plata y oro del distrito La Coipa. Constituido por a lo menos 4 domos al centro del complejo con diferentes grados de alteración hidrotermal, emplazados sobre la Formación El Mono del Triásico, en el área de estudio afloran el miembro inferior del complejo de Domos La Coipa constituido por 300 metros de tobas de flujo de lapilli y cristalinas, con

presencia de cristales de cuarzo y biotita moderadamente soldadas, presenta alteración argílica y argílica avanzada. Dataciones de K-Ar en biotitas la sitúan entre los 20 Ma y los 25 Ma (Mpodozis *et al.*, 2012).

3.2.5.12 Gravas de Atacama (TMga) (Mioceno medio): Gravas conglomeráticas, mal consolidadas y limos bien estratificados, e intercalaciones locales de tobas débilmente soldadas (Mortimer. 1973; Cornejo *et al.*, 1993; Iriarte *et al.*, 1996).

3.2.5.13 Ignimbritas San Andrés (TMisa) (Mioceno superior): Unidad constituida por Tobas riolíticas, cristalinas, líticas, levemente pumiceas con cuarzo, plagioclasas y biotita, matriz cinerítica de color rosado blanquecino a gris rosácea (Clark *et al.*, 1967; Iriarte *et al.*, 1996).

3.2.5.14 Depósitos Salinos Antiguos del Salar de Maricunga (MsPls): Costras Sulfatadas y Boradas que afloran en la zona suroriental del Salar, levantadas entre 1 a 2 metros sobre las lagunas salobres y costras de Cloruro del sector occidental del Salar (Tassara, 1997).

3.2.5.15 Depósitos Aluviales Antiguos (MsPla) (Mioceno Superior – Plioceno Inferior): Bancos de gravas y bloques de bajo redondeamiento y selección, matriz-soportados, compuesta de arena y limo. Locamente lentes de arena fina. Constituyen extensos conos aluviales de baja pendiente y depósitos de llanuras de inundación desarrollados en los márgenes de las cuencas endorreicas de Pedernales y Maricunga (Iriarte *et al.*, 1996; Cornejo *et al.*, 1998; Matthews *et al.*, 2006; Mpodozis *et al.*, 2012; Clavero *et al.*, 2012; Naranjo *et al.*, 2019).

3.2.5.16 Depósitos Aluviales del Plioceno (Pa) (Mioceno Superior-Plioceno): Depósitos preferentemente aluviales, y en menor medida coluviales, constituidos por gravas, arenas y limos, mal seleccionados y pobremente estratificados. Se disponen sobre ignimbritas San Andrés y están cubiertos por

cuerpos aislados de las ignimbritas Laguna Verde (Mpodozis *et al.*, 1995, Kay *et al.*, 1999).

3.2.5.17 Depósitos no consolidados o semi consolidados del Cuaternario (PIHa) (Cuaternario-Actualidad):

Corresponde a todos aquellos depósitos sedimentarios no consolidados o semiconsolidados del periodo cuaternario hasta la actualidad, estos incluyen a los depósitos lacustres, depósitos de remoción en masa, depósitos coluviales, depósitos aluviales, depósitos sedimentarios carbonatados del Pleistoceno-Holoceno y los depósitos Antrópicos (Unidad Informal). Estos constituyen arenas, arenas gruesas, gravas y limos no consolidados distribuidas en toda el área del mapa. Las gravas son clasto y matriz soportada, mal (Iriarte *et al.*, 1996; Cornejo *et al.*, 1998; Matthews *et al.*, 2006; Mpodozis *et al.*, 2012; Clavero *et al.*, 2012; Naranjo *et al.*, 2019).

3.2.6 Unidades Volcánicas Y Subvolcánicas de la Franja de Maricunga

3.2.6.1 Complejo de domos y cuerpos Hipabisales (OMv) (Oligoceno-Mioceno; 23-21 Ma):

a) Sistema de múltiples domos e intrusivos hipabisales de composición dacítica y andesítica de pequeño diámetro. Presentan mineralización aurífera.

(b) Brechas de explosión, flujos piroclásticos y extensos depósitos piroclásticos de caída, de composición dacítica. El conjunto se encuentra afectado por una intensa y generalizada alteración hidrotermal (Mpodozis *et al.*, 1995; Mpodozis *et al.*, 2012).

3.2.6.2 Lavas andesíticas y dacíticas (Mil) (Mioceno Inferior; ca. 22-18 Ma): Coladas de lava andesítica y dacítica no alteradas. Que afloran principalmente en la zona de Pantanillo, al SE del volcán Copiapó (Iriarte *et al.*, 1995; Mpodozis *et al.*, 2012).

3.2.6.3 Lavas del Prospecto Soledad (Mis) (Mioceno Inferior; ca. 21-20 Ma): Coladas de lava andesítica, con cristales de piroxeno, y dacíticas, con hornblenda y escaso piroxeno. Se presentan moderada a fuertemente alteradas (Iriarte *et al.*, 1995; Mpodozis *et al.*, 2012).

3.2.6.4 Ignimbrita Santa Rosa (Mmsir) (Mioceno Medio; ca. 17-16 Ma): Toba dacítica lítica de color rojizo, no soldada, con fragmentos dacíticos porfíricos y fragmentos tobáceos juveniles, que se presenta en unidades de flujo de entre 10 y 15 m de espesor (González Ferrán *et al.*, 1985).

3.2.6.5 Domos subvolcánicos (Mmv 2) (Mioceno Medio; ca. 16 Ma): Rocas subvolcánicas de composición dacítica, con fenocristales de hornblenda, biotita y plagioclasa en una masa fundamental fluidal (Mpodozis *et al.*, 1995; Mpodozis *et al.*, 2012).

3.2.6.6 Lavas andesíticas y Daciandesíticas (Mml) (Mioceno Medio; ca. 16-15 Ma): Coladas de andesitas y daciandesitas de hornblenda con orto- y clinopiroxeno y escasa biotita (Mpodozis *et al.*, 1995; Iriarte *et al.*, 1995).

3.2.6.7 Depósitos de bloques y ceniza (Mmv 1) (Mioceno Medio; ca. 15 Ma): Depósitos pobremente consolidados que forman gran parte de las laderas de los volcanes Ojos de Maricunga y Santa Rosa (Mpodozis *et al.*, 1995).

3.2.6.8 Ignimbritas Maricunga (Mmim) (Mioceno Medio; ca. 16-14

Ma): Toba dacítica blanquecina, de lapilli grueso, no soldada, de biotita y hornblenda, depositada en unidades de flujo de entre 5 y 15 m de espesor (Quirt, 1972; Cornejo *et al.*, 1993).

3.2.6.9 Intrusivos hipabisales dacíticos auríferos (Mmhda)

(Mioceno Medio; ca. 11 Ma): Cuerpos intrusivos dacíticos de reducidas dimensiones, afectados por alteración hidrotermal pervasiva y que hospedan mineralización aurífera diseminada y en vetas (Sillitoe *et al.*, 1991; Mpodozis *et al.*, 1995).

3.2.6.10 Volcanes Azufre y Azufre Norte (Tva/Msva) (Mioceno Superior; ca. 12-9 Ma):

- (a) Coladas y depósitos de bloque del volcán Azufre. Lavas de composición dacítica con anfíbola (oxihornblenda) y escaso piroxeno.
- (b) Coladas dacíticas del volcán Azufre Norte (Mpodozis *et al.*, 1995).

3.2.6.11 Volcán Copiapó (Msvc 1) (Mioceno Superior; ca. 12-10 Ma):

- (a) Complejo de domos y lavas domos de composición dacítica.
- (b) Tobas de flujo de poco volumen, alternados con depósitos de bloques y cenizas, tobas de caída y flujos de detritos, lahares y areniscas fluviales.
- (c) Ignimbrita Copiapó I: Depósito de flujo piroclástico gris blanquecino, débil a medianamente soldado, con abundantes pómez y ricos en fragmentos líticos. (d) Ignimbrita Copiapó II: Depósito de flujo piroclástico de

color rosado a pardo rojizo, que corresponde a una toba dacítica (Mpodozis *et al.*, 1995).

3.2.6.12 Ignimbrita Negro Francisco (Msinf) (Mioceno Superior; ca. 10 Ma):

Depósitos de flujos piroclásticos de composición riolítica, compuestos por tobas poco soldadas, posiblemente asociados al colapso inicial de la Caldera Jotabeche, ubicada hacia el sur, fuera del área de estudio (Mpodozis *et al.*, 1995).

3.2.6.13 Volcán Copiapó (Msvc 2) (Mioceno Superior; ca. 8-7 Ma):

(a) Lavas dacíticas que forman una plataforma bajo el cono del volcán Copiapó.

(b) Coladas de lava dacítica y lavas domo dacíticas fluidales de hornblenda y biotita ($\pm$ piroxeno) de los conos de los volcanes Copiapó y San Román (Mpodozis *et al.*, 1995).

3.2.6.14 Complejo Volcánico Nevado Tres Cruces (Plvtc) (Pleistoceno Inferior-Pleistoceno Superior; ca. 1,6-0,028 Ma):

Volcán Tres Cruces: Depósito de caída de pómez blancas tamaño lapilli medio a grueso y escasas bombas; subordinadamente presenta fragmentos líticos. Depósito de flujo piroclástico de pómez, con una sección inferior de oleada piroclástica, con bombas líticas, estratificación cruzada planar.

Volcán Paitur: Depósitos piroclásticos de caída de pómez tamaño lapilli fi, con matriz de ceniza pumícea, además de depósitos de flujos piroclásticos, constituido por pómez con fenocristales de plagioclasa fracturada, anfíbola y biotita.

Volcán Trilobite: domo torta de lava riolítica de bloques, de color gris claro, con textura porfídica fluidal y contenido de fenocristales de plagioclasa,

Volcán Ckuri: Depósitos de flujos piroclásticos de pómez y de bloques y cenizas. Las pómez son blancas con bordes rosáceos, vesiculares, y con fenocristales de biotita, plagioclasa y anfíbola. Los bloques son de hasta 2 m de diámetro.

Volcán Macizo Tres Cruces: Depósito de flujo piroclástico de pómez de color bayo a blanco, fibrosas, tamaño lapilli grueso a bombas, con fenocristales de cuarzo, biotita y plagioclasa. Los líticos son bloques de lava porfídica pardo a pardo -rojiza oxidada y son más abundantes cerca de su fuente. a) Coladas de lava dacítica de bloques, de color pardo grisáceo, de ca. 10,5 km y hasta 120 m de espesor. Contienen fenocristales de plagioclasa, cuarzo, anfíbola y biotita, inmersos en una masa fundamental microcristalina (Naranjo *et al.*, 2019).

3.2.6.15 Complejo Volcánico Nevado Ojos del Salado (Plvnos)
(Pleistoceno Inferior-Pleistoceno Superior): Constituido por el Subcomplejo Volcánico Nevado Ojos del Salado 2 (Plvnos 2) y el Subcomplejo Volcánico Nevado Ojos del Salado 1 (Plvnos 1). Constituidos en orden por coladas de lava, dacíticas y, subordinadamente, andesíticas; lavas domo y domos dacíticos, además depósitos piroclásticos de caída de pómez. Depósito piroclástico de bloques y cenizas ubicado en el flanco nororiental. Y Coladas de lavas de bloques, coulées y domos, de composiciones dacíticas y, en menor proporción, andesíticas. También Depósitos piroclásticos de caída de pómez (Naranjo *et al.*, 2019).

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

En este trabajo se utiliza como guía parte de la metodología utilizada por el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) establecido por Vegas (2013), para la realización del inventario de los lugares de Interés Geológico (LIGs) a través de una revisión bibliográfica inicial. Estos, a su vez, han sido detallados mediante una ficha descriptiva, basada y modificada del trabajo de Henao y Osorio (2011). Se le suma a lo anterior la realización de las tablas de Potencial de Uso Educativo, Potencial de Uso Turístico y de Riesgo de Degradación basadas y modificadas del trabajo de Lima *et al.* (2010).

4.1 Recopilación de Antecedentes

Se realizó inicialmente una revisión bibliográfica de los estudios geológicos realizados en el transecto Copiapó–Paso San Francisco y la Ruta de los Seismiles, en donde se consideraron:

- a)** las características geológicas del área de estudio, incluyendo la cartografía geológica e investigaciones geológicas recientes, siendo útil para identificar el contexto geológico que apoyará al inventario;
- b)** información sobre los espacios naturales protegidos y las normativas legales, para poder conocer cuál es el nivel de protección de los elementos a inventariar; y
- c)** sobre las posibles iniciativas preexistentes de inventarios de LIGs en la zona.

Con la información obtenida se procedió a seleccionar los LIGs más relevantes del sector, considerando en cada uno diversos criterios como por ejemplo el riesgo de degradación o su potencial de uso.

4.2 Creación de inventario preliminar

Luego de la recopilación de antecedentes se realizó un inventario de los lugares de interés geológico. El inventario actúa como un registro sistemático de los LIGs

encontrados en el área determinada y es el primer paso en toda estrategia de geoconservación (Brilha, 2005).

La estructura del inventario (Tabla 1) incluye inicialmente el nombre del LIG, el tipo de interés geológico, el contexto geológico y su relevancia (Vegas, 2013).

Nº	Nombre del LIG	Tipo de Interés Geológico	Contexto Geológico	Relevancia

Tabla 1: Modelo de Inventario de LIGs, modificado de Vegas (2013)

4.3 Caracterización de LIGs

Basadas en la metodología propuesta por Henao y Osorio (2011), se confeccionaron fichas descriptivas que esbozan de manera detallada las características del sitio y presentan la mayor cantidad de información posible, incluyendo fotografías y esquemas. Cada LIG inventariado será objeto de una visita presencial en donde se realiza una caracterización y descripción del sitio con los pertinentes datos de campo obtenidos, en esta se incluye la descripción específica de la ubicación y acceso a cada LIG.

FICHA DESCRIPTIVA DE PATRIMONIO GEOLÓGICO									
Nombre:				Interés Principal:					
Ubicación:				Distancia Población más cercana:					
Coordenadas:			X			Y			
VALOR INTRÍNSECO									
Diversidad	Único		Mejor ejemplo		Rareza		Otros		
Edad Geológica	Proterozoico		Paleozoico		Mesozoico		Cenozoico		Cuaternario
Procesos Geológicos	Endógeno		Exógeno						
Marco Geológico	Interés Internacional		Interés Nacional		Interés Regional		Interés Local		
Valor Científico	Nulo		Bajo		Medio		Alto		Muy alto
Interés Geológico	Cárstico		Estratigráfico		Geomorfológico		Litoral		Tectónico
	Económico		Fluvial		Hidrogeológico		Paleontológico		
	Eólico		Geo-cultural		Lacustre		Petroológico		
POTENCIAL DE USO									
Potencial Educativo			Alto		Medio		Bajo		
Potencial Turístico			Alto		Medio		Bajo		
Relación con el Medio Natural			Fauna		Flora		Cultura		No tiene
Reconocimiento de la Comunidad			Muy conocido		Poco conocido		Desconocido		
Tipo de Administración Responsable			Estado		Municipio		Privado		Área protegida
Acceso			Vehículo 4x4		Vehículo Normal		Bus		A pie
VULNERABILIDAD				INFRAESTRUCTURA					
	Sí	No	Cual		Bueno		Regular		Malo
Seguridad				Transporte					
Deterioro				Hoteles					
Amenazas				Restaurantes					
FOTO / ESQUEMA				DESCRIPCIÓN GENERAL					
INFORMACIÓN ADICIONAL:									

Tabla 2: Ficha Descriptiva de Patrimonio Geológico, modificado de Henao y Osorio (2011)

4.4 Visita y Caracterización en terreno

Luego de la recopilación de antecedentes y la selección preliminar de los LIGs, se procedió a realizar 5 salidas a terreno comprendidas en un periodo de 5 días a la zona cordillerana de la región de Atacama, específicamente al área comprendida entre la zona de la puerta y la Laguna Verde, con el objetivo de caracterizar la geología del sitio. Se fotografiaron y esquematizaron las principales características de los LIGs.

4.5 Evaluación de LIGs.

La evaluación de los LIGs se realiza de acuerdo con su Potencial de Uso Turístico, Potencial de Uso Educativo y Riesgo de Degradación, propuestos y modificados del trabajo de De Lima *et al.* (2010). Los criterios a evaluar incluyen la representatividad, la calidad de exposición, la logística, accesibilidad, monumentalidad, infraestructura logística del entorno, etc. Esta información estará complementada con la información obtenida durante su caracterización.

Se han adaptado los criterios de representatividad y monumentalidad, de acuerdo a la organización territorial del país, siendo empleados el nivel nacional, regional, provincial y local. Además, se han modificado los niveles del sistema educacional del país, siendo estos: básica, media y universitario. También se ha incluido la proximidad con otros geositos en el criterio de asociación con otros valores (ecológico y/o cultural).

El puntaje otorgado a cada sitio va entre el 1 al 4, de acuerdo a la metodología utilizada, este puntaje luego es multiplicado por el peso ponderado para obtener una valoración. Las tablas de y evaluación y el detalle de cada criterio viene dado por las tablas a continuación:

POTENCIAL DE USO DE LOS SITIOS GEOLÓGICOS						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad		5			-	
Calidad de la exposición		10			5	
La diversidad a nivel regional		5			-	
Potencial Educativo		30			-	
Logística		15			10	
Superficie de habitantes dentro de 25 km		10			5	
Accesibilidad		10			10	
Vulnerabilidad causada por las actividades humanas		5			15	
Asociación con otros valores		5			10	
Monumentalidad		5			15	
Potencial Recreativo		-			20	
Entorno Social		-			5	
Proximidad a las instalaciones recreativas		-			5	
TOTAL		100			100	

Tabla 3: Potencial de Uso Educativo y Turístico, extraído de De Lima et al. (2010)

RIESGO DE DEGRADACIÓN DE LOS SITIOS GEOLÓGICOS			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad causada por factores naturales o humanos		35	
Proximidad a las áreas potenciales dañinas		20	
Estado de Protección Actual		20	
Accesibilidad		15	
Superficie de habitantes dentro de 25 Km		10	
TOTAL		100	

Tabla 4: Riesgo de Degradación, extraído y modificado de De Lima et al. (2010).

Criterios	P
Representatividad	
El mejor ejemplo que representa un contenido geológico a nivel nacional	4
El mejor ejemplo que representa un contenido geológico a nivel regional	3
El mejor ejemplo que representa un contenido geológico a nivel provincial	2
El mejor ejemplo que representa un contenido geológico a nivel local	1
Calidad de la exposición	
Observado fácilmente en su totalidad	4
Algunos aspectos geológicos son difíciles de observar	3
Los principales aspectos geológicos son difíciles de observar	2
Los principales aspectos geológicos son imposibles de observar	1
La diversidad a nivel regional	
El geosito tiene 3 tipos de contenidos geológicas (estratigráficas, paleontológicos, geomorfológicos, etc.) y es representativa para todos	4
El geosito tiene 3 tipos de contenidos, pero no es representativa para los 3	3
El geosito tiene 2 tipos de contenidos y es representativa para los dos	2
El geosito tiene 2 tipos de contenidos, pero es sólo representativo para uno	1
Potencial educativo	
El geosito ilustra aspectos geológicos útiles para todo el sistema educativo	4
El geosito ilustra aspectos geológicos sólo es útil para los niveles de básica y media	3
El geosito ilustra aspectos geológicos sólo es útil para el nivel de enseñanza media	2
El geosito ilustra aspectos geológicos sólo es útil para el nivel universitario	1
Logística	
Hay alojamiento y restaurantes para grupos de 50 personas en menos de 15 km	4
Hay alojamiento y restaurantes para grupos de 50 personas en menos de 50 km	3
Hay alojamiento y restaurantes para grupos de 50 personas en menos de 100 km	2
Hay alojamiento y restaurantes sólo para grupos de 25 personas en menos de 50 km	1
Habitantes superficie de 25 km	
Más de 1,5 millones de habitantes	4
Entre 500 mil 1.5 millones de habitantes	3
Entre 150 mil y 500 mil habitantes	2
Accesibilidad	
Acceso directo por carretera asfaltada con estacionamiento para autobuses	4
Acceso directo por carretera asfaltada	3
Acceso directo por carretera sin pavimentar	2
No hay acceso directo pero el geosito se encuentra a menos de 1 km de una carretera asfaltada	1

Vulnerabilidad causada por las actividades humanas	
No hay riesgo de daños	4
Posible riesgo que afectan a aspectos geológicos secundarios	3
Posible riesgo que afectan a los principales aspectos geológicos	2
Posible riesgo que afecta a todos los aspectos geológicos	1
Asociación con otros valores (ecológico, cultural y proximidad con otros geositios)	
La presencia de varios valores a 2 km	4
La presencia de varios valores a menos de 5 km	3
La presencia de dos valores a menos de 5 km	2
Presencia de un solo valor dentro de los 5 km	1
Monumentalidad	
El geosítio se utiliza generalmente en la iconografía turística en los niveles nacionales o regionales	4
El geosítio se utiliza a veces en la iconografía turística en los niveles nacionales o regionales	3
El geosítio se utiliza generalmente en la iconografía turística en los niveles provinciales o locales	2
El geosítio se utiliza a veces en la iconografía turística en los niveles provinciales o locales	1

Tabla 5: Criterios utilizados para evaluar el potencial uso educativo de los sitios geológicos, extraído y modificado de De Lima et al. (2010).

Criterios	P
Calidad de la exposición	
observado fácilmente en su totalidad	4
Algunos aspectos geológicos son difíciles de observar	3
Los principales aspectos geológicos son difíciles de observar	2
Los principales aspectos geológicos son imposibles de observar	1
Logística	
Hay alojamiento y restaurantes para grupos de 50 personas en menos de 15 km	4
Hay alojamiento y restaurantes para grupos de 50 personas en menos de 50 km	3
Hay alojamiento y restaurantes para grupos de 50 personas en a menos de 100 km	2
Hay alojamiento y restaurantes sólo para grupos de 25 personas en menos de 50 km	1
Habitantes superficie de 25 km	
Más de 1,5 millones de habitantes	4
Entre 500 mil 1.5 millones de habitantes	3
Entre 150 mil y 500 mil habitantes	2
Entre 50 mil y 150 mil habitantes	1
Accesibilidad	
Acceso directo por carretera asfaltada con estacionamiento para autobuses	4
Acceso directo por carretera asfaltada	3
Acceso directo por carretera sin pavimentar	2
No hay acceso directo pero se encuentra a menos de 1km desde una carretera asfaltada	1

Vulnerabilidad causada por las actividades humanas	
No hay riesgo de daños	4
Posible riesgo que afectan a aspectos geológicos secundarios	3
Posible riesgo que afectan a los principales aspectos geológicos	2
Posible riesgo que afecta a todos los aspectos geológicos	1
Asociación con otros valores (ecológico, cultural y proximidad con otros geositos)	
La presencia de varios valores a 2 km	4
La presencia de varios valores a menos de 5 km	3
La presencia de dos valores a menos de 5 km	2
Presencia de un solo valor dentro de los 5 km	1
Monumentalidad	
El geosito se utiliza generalmente en la iconografía turística en niveles nacionales o regionales	4
El geosito se utiliza a veces en la iconografía turística en niveles nacionales o regionales	3
El geosito se utiliza generalmente en la iconografía turística en los niveles provinciales o locales	2
El geosito se utiliza a veces en la iconografía turística en los niveles provinciales o locales	1
Potencial recreativo	
El geosito ilustra fácilmente aspectos geológicos al público en general	4
El geosito ilustra fácilmente aspectos geológicos para el público con algunos antecedentes geológicos	3
El geosito ilustra fácilmente aspectos geológicos para el público con el fondo geológico sólido	2
El geosito ilustra fácilmente aspectos geológicos, pero sólo para expertos	1
Entorno social	
La provincia cuenta con indicadores socioeconómicos más altos en relación con el promedio regional y nacional	4
La provincia cuenta con indicadores socioeconómicos más altos en relación con la media regional	3
La provincia cuenta con indicadores socioeconómicos idénticos en relación con la media regional	2
La provincia tiene más bajos indicadores socioeconómicos en relación con la media regional	1
La proximidad a las instalaciones recreativas	
Hay instalaciones de ocio a menos de 5 km	4
Hay instalaciones de ocio a menos de 10 km	3
Hay instalaciones recreativas dentro de los 15 km	2
Hay instalaciones de ocio a menos de 20 km	1

Tabla 6: Criterios utilizados para evaluar el potencial uso turístico de sitios geológicos, en el que un valor final alto significa una mayor adecuación para usos, extraído y modificado de De Lima et al., (2010).

Criterios	Puntos	Peso
Vulnerabilidad causada por factores naturales o humanos		35
Posible riesgo que afecta a todos los aspectos geológicos	4	
Posible riesgo que afectan a los principales aspectos geológicos	3	
Posible riesgo que afectan a aspectos geológicos secundarios	2	
No hay riesgo de daños	1	
La proximidad a las áreas potenciales dañinos (minería, industrias, recreación, urbano, ...)		20
Geosítio situadas a unos 500 m de un área potencialmente dañino	4	
Geosítio situada a 1 km de una zona potencial dañino	3	
Geosítio ubicado a unos 2 km de una zona potencial dañino	2	
Geosítio ubicado a 5 km de una zona potencial dañino	1	
Estado de protección actual		20
Geosítio sin protección legal y sin control de acceso	4	
Geosítio sin protección legal, pero con control de acceso	3	
Geosítio con la protección legal, pero sin control de acceso	2	
Geosítio con la protección y control de acceso legal	1	
Accesibilidad		15
Acceso directo por carretera asfaltada con estacionamiento para autobuses	4	
Acceso directo por carretera asfaltada	3	
Acceso directo por carretera sin pavimentar	2	
No hay acceso directo pero el geosítio se encuentra a menos de 1 km de una carretera asfaltada	1	
Habitantes dentro 25 km		10
Más de 1,5 millones de habitantes	4	
Entre 500 mil 1.5 millones de habitantes	3	
Entre 150 mil y 500 mil habitantes	2	
Entre 50 mil y 150 mil habitantes	1	

Tabla 7: Criterios utilizados para evaluar el riesgo de degradación de un geosítio y los pesos correspondientes, en la que un valor final alto significa un mayor riesgo de degradación, lo que denota una mayor necesidad de un plan de gestión, extraída y modificado de De Lima et al. (2010)

4.6 Valorización y clasificación de los LIGs

Con la información obtenida se procede a valorar todos los LIGs previamente inventariados. Estos serán incluidos en una tabla comparativa en donde se le expondrá la valoración final de los parámetros evaluados en función de su Potencial de uso y Riesgo de Degradación (Tabla 8).

Una vez completa la valoración, se comienza con la clasificación. De acuerdo con la metodología utilizada, el menor puntaje posible obtenido en la valoración es de 100 puntos y como máximo tenemos un valor de 400 puntos. Los lugares cuyos

puntajes sean menores o iguales a 200 serán clasificados como bajos, los que tengan un puntaje entre 201 y 300 serán clasificados como medios y los que tengan un puntaje entre 301 y 400 serán clasificados como altos (Tabla 9). Es decir, por ejemplo, si el riesgo de degradación de un sitio es sobre los 301 significa que posee un alto riesgo de degradación por lo cual se deberá emplear un plan regulador adecuado para su geoconservación apropiada.

Tabla 8: Resumen comparativo de la valoración

RANGOS	CATEGORÍA	COLOR
100 – 200	Bajo	
201 – 300	Medio	
301 - 400	Alto	

Tabla 9: Rangos de clasificación.

Luego de su clasificación, continuamos con la selección final de los LIGs basándonos principalmente en los puntajes anteriormente obtenidos, priorizando aquellos sitios con la mayor puntuación en su Potencial de Uso, para ello se suman los puntajes obtenidos en su Potencial de Uso Educativo y Turístico.

$$\sum \text{Potencial de Uso Educativo} + \text{Potencial de Uso Turístico} \\ = \text{Potencial de Uso Total}$$

Considerando que el puntaje máximo obtenido para el Potencial de Uso Total de cada sitio es de 800 puntos (400 puntos de Potencial de Uso Educativo + 400 puntos de Potencial de Uso Turístico) y 100 como puntaje mínimo para el Riesgo de Degradación tenemos que el puntaje máximo obtenido para cada sitio es de 700 puntos.

$$\text{Potencial de Uso Total} - \text{Riesgo de Degradación} = \text{Puntaje Total}$$

$$800 \text{ pts} - 100 \text{ pts} = 700 \text{ pts}$$

De esta manera se establece como punto medio que define cada LIG la media del puntaje máximo posible, es decir, según este criterio son 350 puntos.

Finalmente, se describen los riesgos de degradación en los puntos más críticos de cada sitio, acompañados de sugerencias para su geoconservación.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

La valoración de los lugares de interés geológico viene dada por los trabajos y metodologías planteadas por De Lima. *et al.* (2010) y Vega (2013). Con esta valoración se intenta establecer un parámetro universal cuantificable para la clasificación de los lugares de interés geológico, quitándole un poco el carácter subjetivo que previamente poseía este tipo de valoración.

5.1 Inventario

Previo al reconocimiento general del área se realizó un inventario de los lugares de interés geológico identificados durante la recopilación de antecedentes. El inventario actúa como un registro sistemático de los LIGs encontrados en el área y es el primer paso en toda estrategia de geoconservación (Brilha, 2005). La estructura del inventario (Tabla 1) incluye inicialmente el nombre del LIG, el tipo de interés geológico, el contexto geológico y su relevancia (Vegas, 2013). Para el contexto geológico se utilizó la clasificación propuesta por Mourgue *et al.* (2012).

Para la distribución del inventario, se decidió que la zona de estudio estaría limitada por el dominio de la municipalidad de Copiapó, para lograr así una evaluación centrada principalmente en la accesibilidad a los sitios desde la ciudad de Copiapó. Los LIGs seleccionados e inventariados se encuentran ordenados de acuerdo con su ubicación desde la ciudad de Copiapó, es decir de Oeste a Este.

Los LIGs se distribuyen a lo largo de 2 rutas distintas abarcando una distancia de aproximadamente 300 km, en este sentido los LIGs más alejados de la zona urbana son, el LIG N°9 Nevado Tres Cruces, LIG N°7 Laguna Verde, LIG N°10 Laguna Santa Rosa, LIG N°11 Volcán Copiapó y LIG N°12 Laguna del Negro Francisco.

La cota de cada sitio es variable, pero puede llegar a superar los 4000 m.s.n.m., como en el área del LIG N°7 (Laguna Verde), en donde se alcanzan los 4350 m.s.n.m., o en la zona del LIG N°12 (Laguna Del Negro Francisco), llegando a los 4125 m.s.n.m.

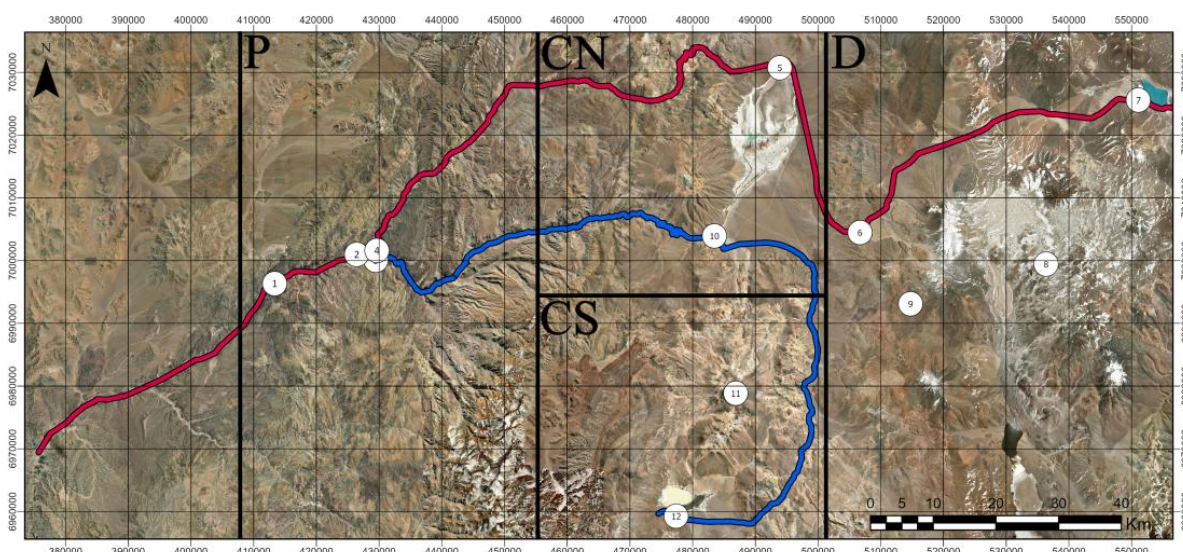


Figura 3: Distribución de los LIGs en el área de estudio puede ser dividida en 3 sectores relativos a su distancia a la ciudad de Copiapó: Proximal (P), Central (C) y Distal (D), tomando como referencia la ciudad de Copiapó. En el sector Proximal estarían los LIGs N°1, N°2, N°3 y N°4. En zona Central en relación con la accesibilidad, será dividido en zona central norte (CN) y zona central Sur (CS), en donde encontramos los LIGs N°5 y N°10 en la zona Central Norte y los LIGs N°11 y N°12 en la zona Central Sur. Finalmente, en el sector Distal encontramos los LIGs, N°6, N°7, N°8 y N°9.

Para el desarrollo de las fichas descriptivas se han clasificado parámetros como el valor intrínseco, su potencial de uso, vulnerabilidad, infraestructura y descripción general del sitio. También se describió la ubicación y accesos al sitio junto a una breve pero detallada descripción científica del sitio.

5.2 Valoración de LIGs

Los rangos para la valoración de los LIGs están establecidos por una paleta de colores de acuerdo con el puntaje obtenido durante su análisis establecido por la metodología planteada para el desarrollo de este proyecto, siendo estos: bajo (rojo), medio (amarillo), alto (verde) (Tabla 10).

Rangos	Categoría	Color
100 - 200	Bajo	
201 – 300	Medio	
301 - 400	Alto	

Tabla 10: Rangos de valoración

Esta puntuación final determina el valor dado a los lugares de interés geológico en categorías específicas, siendo estas: el potencial turístico, potencial educativo, y potencial de degradación, con el fin de establecer una comparativa en el potencial de cada lugar de interés. La valoración final de cada potencial ha sido agrupada en una tabla de potencial de LIGs.

5.3 Tablas de Valoración Por sitios:

Para facilitar la discusión posterior se han agrupado el potencial educativo y turístico dentro de una tabla de potencial de uso, mientras que el potencial de degradación del sitio ha sido puesto en una tabla aparte.

GEOSITIO				
CAOS DE PUQUIOS				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
413346,45E 6996335,97S	Atacama	Tectónico Estructural Minero	Educativo	285
	Comuna		Turístico	265
	Copiapó		Riesgo de Degradación	195
ASPECTOS GENERALES				
Ubicación y accesos: La unidad tectónica conocida como Caos de Puquios se encuentra al Noreste de la ciudad de Copiapó a alrededor de 50 km de distancia. Para acceder al sitio desde Copiapó, se debe tomar la carretera del Inca hacia la carretera C-371 con dirección al Noreste por aproximadamente 16.5 km hasta llegar a la ruta 31 y desde allí hacia el este por 36.3 km. Estacionar en este punto es posible y apreciar los afloramientos en el lado norte y sur de la carreta. La zona es de fácil acceso, apto para todo vehículo y sin restricción de acceso.				

Infraestructura: Durante el siglo XIX en la zona existía el pueblo de Puquios, con un estimado de 700 habitantes según Espinoza (1895), se estima que podría haber tenido unos 4000 habitantes, el pueblo estaba conectado por medio del ferrocarril Caldera-Copiapó, durante los años 30, los mineros de la zona abandonaron el pueblo, ahora solo quedan en pie las ruinas de adobe.

Tipo de administración responsable: Municipio

Reconocimiento de la comunidad: Muy conocido

Acceso: Vehículo Normal

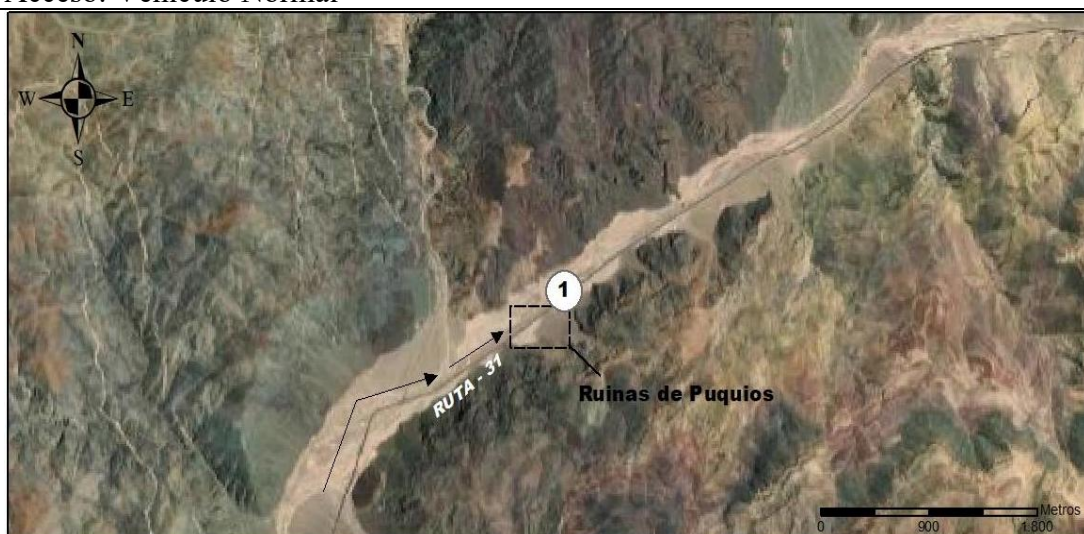


Figura 4: Mapa de ubicación del sitio Caos de Puquios. Se resalta la ubicación de las ruinas de Puquios

Figura 5: Ruinas de Puquios, fotografía cedida por Geoturismo Lickanantay



Tabla 11: Geositio Caos de Puquios

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
El Caos de Puquios, ubicado en la Precordillera de Atacama (~27°S), es una unidad tectónica tipo mélangé, compuesta por bloques de calizas bioclásticas disgregadas dentro de una matriz volcánica. Esta mezcla de unidades calizas y volcánicas corresponde a una sucesión conocida como estratos de Cerro Águila. Esta unidad

presenta pliegues isoclinales aislados, además de fallas normales, lo que crea una estructura de bloques en matriz. La matriz volcánica de sus rocas muestra una textura brechada por la deformación tectónica (Reinoso *et al.*, 2019).

La formación de esta unidad se relaciona con una extensa zona de cizalla asociada a un sistema regional de fallas extensionales que afectan a las formaciones del arco y retroarco mesozoico, depositadas durante la Primera Etapa del ciclo andino. Este proceso estructural provocó la formación de pliegues tumbados en las capas competentes de calizas y la brechificación de las rocas volcánicas menos competentes. Posteriormente, se desarrollaron fallas normales de bajo y alto ángulo de rumbo NE, que aislaron los núcleos de los pliegues y generaron bloques de caliza boudinados. La edad del evento tectónico se infiere a partir de contactos angulares con formaciones del Cretácico Superior y Paleoceno, y se asocia con eventos extensionales del Cretácico medio a tardío.



Figura 6: Vista de la unidad del Caos de Puquios, modificada de Reinoso (2019)



Figura 7: Vista fotográfica de las estructuras de plegamiento presentes en la zona del Caos de Puquios



Figura 8: Foto en donde se delimitan las unidades de calizas plegadas presentes en el sitio

Tabla 12: Descripción geológica de Caos de Puquios

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	4	5	20		-	
Calidad de Exposición	3	10	40	3	5	20
La diversidad a Nivel Regional	4	5	20		-	
Potencial Educativo	4	30	120		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10	1	5	5
Accesibilidad	3	10	10	3	10	10

Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	4	5	20	4	15	60
Asociación con otros valores	1	5	15	1	10	30
Monumentalidad	3	5	20	3	15	60
Potencial Recreativo		-		4	20	80
Entorno Social		-		1	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas		-		1	5	5
Total		100	285		100	265

Tabla 13: Tabla de potencial de uso del Caos de Puquios

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	1	35	35
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	2	20	40
Estado de protección actual		20	40
Accesibilidad	2	15	30
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	195

Tabla 14: Tabla de riesgo de degradación del Caos de Puquios

GEOSITIO				
QUEBRADA LA CACHIVARITA				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
422802E 7000770S	Atacama	Paleontológico Estratigráfico	Educativo	245
	Comuna		Turístico	190
	Copiapó		Riesgo de Degradación	265
ASPECTOS GENERALES				
El sitio, Quebrada La Cachivarita, se encuentra ubicado a alrededor de 65 km al este de la ciudad de Copiapó, comenzando por la carretera del Inca hacia la carretera C-371 con dirección NE por aproximadamente 16.5 km, luego por la ruta 31-CH por aproximadamente 50 km hacia el este, llegado a ese punto, se estaciona y a pie se llega a la zona de quebrada, un lugar de fácil acceso, aunque con poca posibilidad de llegar sin vehículo particular.				
Infraestructura: El sitio no posee ningún tipo de infraestructura.				
Tipo de administración responsable: No posee				
Reconocimiento de la comunidad: Desconocido				
Acceso: Vehículo Normal/A pie				



Figura 9: Mapa de ubicación del sitio Quebrada La Cachivarita, donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo.

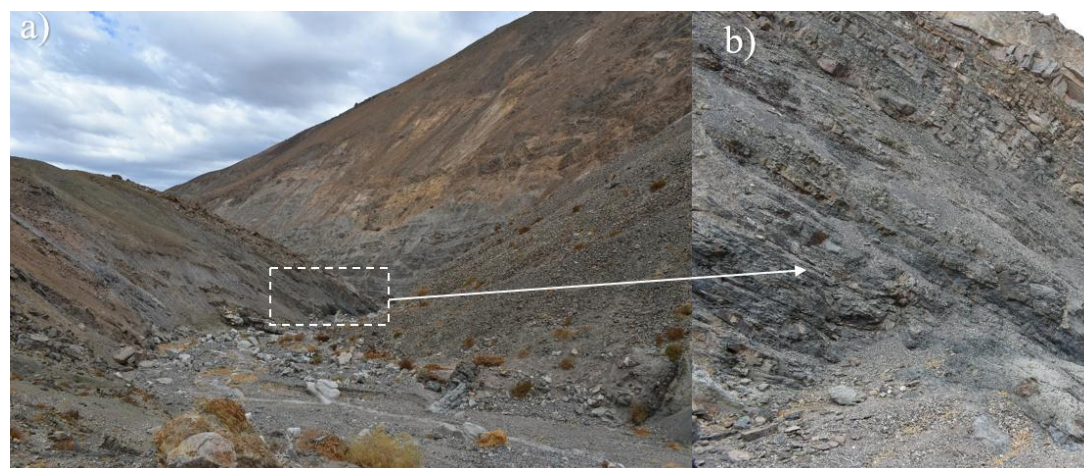


Figura 10: Vista de la quebrada en donde se resalta el afloramiento con flora fósil. b) acercamiento del afloramiento

Tabla 15: Geosito Quebrada La Cachivarita

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
Ubicado en la Formación La Ternera, presenta secuencias de limonita, arcillas y areniscas con restos vegetales fósiles (tallos, hojas) en la base, asociadas a ambientes de baja energía tipo llanuras de inundación. La porción superior se caracteriza por conglomerados con presencia de troncos fósiles, asociados a depósitos de abanicos aluviales. Se han descrito fósiles vegetales en el sitio. Principalmente encontramos miembros fósiles del orden Ginkgoales (<i>Saportaea dichotoma</i>), orden Voltziales (<i>Linguifolium</i>), orden Cycadales (<i>Taeniopteris</i>), orden Filicidae (<i>Cladophlebis</i>), clase Pteridopsida (<i>Dictyophyllum</i>).

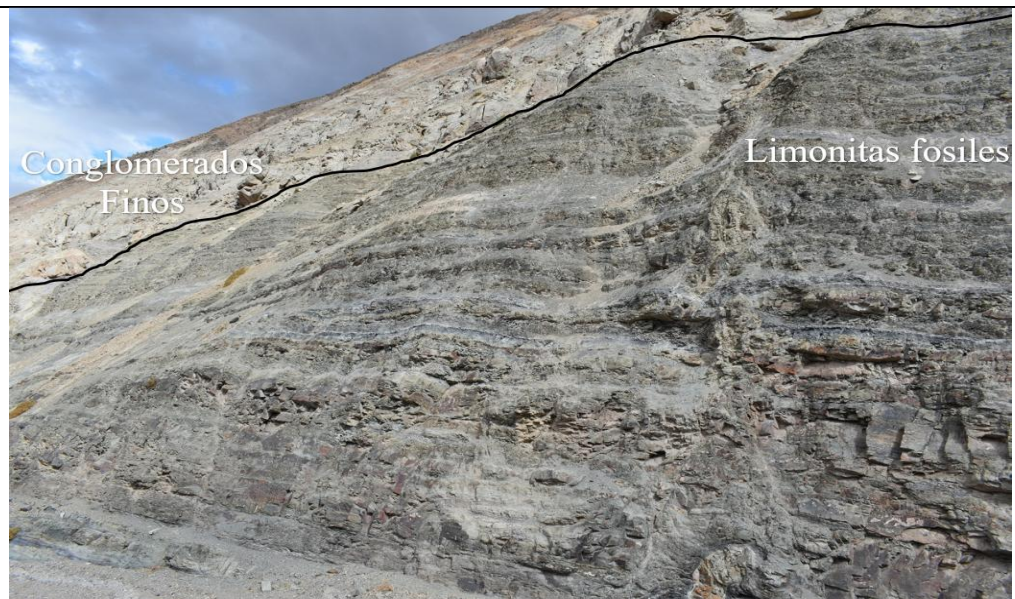


Figura 11: Vista de un afloramiento de la Fm. La Ternera en Quebrada La Cachivarita

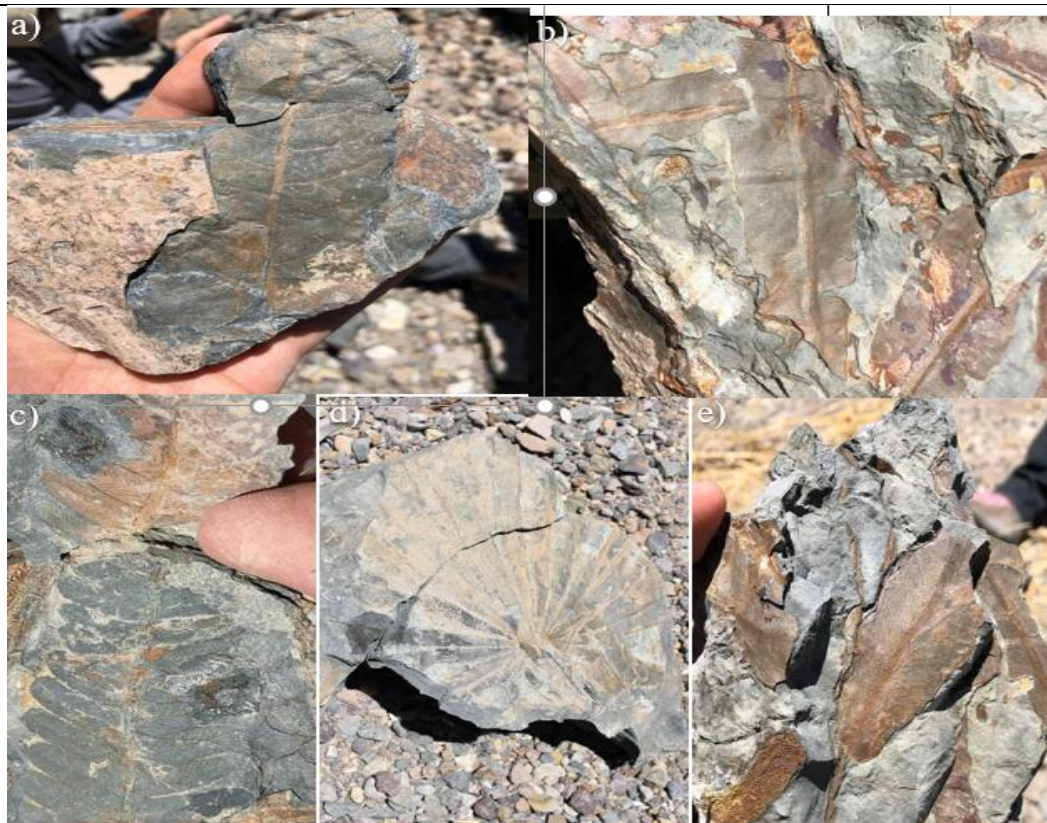


Figura 12: a) Muestra fósil de *Dictyophyllum*, b) Muestra fósil de *Taeniopteris*, c) Muestra fósil de *Cladophlebis*, d) Muestra fósil de *Saportaea dichotoma*, e) Muestra fósil de *Linguifolium*. Fotografías tomadas por Phillippe Moisan

Tabla 16: Descripción geológica de Quebrada La Cachivarita

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	4	5	20		-	
Calidad de Exposición	3	10	30	3	5	15
La diversidad a Nivel Regional	2	5	10		-	
Potencial Educativo	4	30	120		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	20	1	5	10
Accesibilidad	1	10	10	1	10	10
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	2	5	5	2	15	15
Asociación con otros valores	3	5	5	3	10	10
Monumentalidad	1	5	5	1	15	15
Potencial Recreativo	-	-		3	20	60
Entorno Social	-	-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas	-	-		1	5	5
Total		100	245		100	190

Tabla 17: Tabla de potencial de uso de la Quebrada La Cachivarita

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	4	35	140
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	1	20	20
Estado de protección actual	4	20	80
Accesibilidad	1	15	15
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	265

Tabla 18: Tabla de riesgo de degradación de la Quebrada La Cachivarita

GEOSITIO				
QUEBRADA EL CARBÓN				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
"428930E 6998748S "	Atacama	Paleontológico Estratigráfico Minero	Educativo	195
	Comuna		Turístico	205
	Copiapó		Riesgo de Degradación	265
ASPECTOS GENERALES				
La quebrada El Carbón se ubica aproximadamente a 70 km al sureste de la ciudad de Copiapó, accediendo por la ruta 31-CH y luego por la ruta C-341, seguida de una caminata de alrededor de 2 km hasta los afloramientos que dan nombre al sector, caracterizados por la presencia de estratos con carbón expuesto.				
Infraestructura: El sitio no posee ninguna estructura moderna, sin embargo, posee ruinas antiguas asociadas a la extracción del carbón durante el siglo XIX y XX.				
Tipo de administración responsable: Municipio				
Reconocimiento de la comunidad: Poco Conocido				
Acceso: A pie				
				
Figura 13: Mapa de ubicación del sitio Quebrada El Carbón, en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo				



Figura 14: Ruinas encontradas en la zona de la quebrada

Tabla 19: Geositio Quebrada El Carbón

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
Ubicado en la Formación La Ternera, localmente está constituido por una sucesión de lutitas, areniscas y conglomerados, con intercalaciones de potentes horizontes carbonosos y niveles fosilíferos de flora triásica, como <i>Cladophlebis</i> y troncos fósiles, asociado principalmente a ambientes de baja energía, tipo llanura de inundación, con periodos de transgresión y regresión marina. Esta secuencia además se encuentra cubierta en forma concordante por calizas de edad triásica. El nombre de este sitio se debe a que, en el lugar de afloramiento contenido en la Formación antes mencionada, se encuentra un nivel de carbón vegetal.



Figura 15: Horizonte Carbonoso en la Fm. La Ternerera.



Figura 16: Fotografía de tronco fósil encontrado en la zona

Tabla 20: Descripción geológica Quebrada El Carbón

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	4	5	20		-	
Calidad de Exposición	3	10	30	3	5	15
La diversidad a Nivel Regional	3	5	10		-	
Potencial Educativo	2	30	60		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	20	1	5	10
Accesibilidad	1	10	10	1	10	10

Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	3	5	5	3	15	15
Asociación con otros valores	3	5	5	3	10	10
Monumentalidad	1	5	5	1	15	15
Potencial Recreativo	-	-		3	20	60
Entorno Social	-	-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas	-	-		1	5	5
Total		100	195		100	205

Tabla 21: Tabla de potencial de uso de la quebrada El Carbón.

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	4	35	140
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	1	20	20
Estado de protección actual	4	20	80
Accesibilidad	1	15	15
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	265

Tabla 22: Tabla de riesgo de degradación de la quebrada El Carbón

Geositio				
LA PUERTA				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
429655,98E 7001612,57S	Atacama	Paleontológico Estratigráfico Minero	Educativo	245
	Comuna		Turístico	240
	Copiapó		Riesgo de Degradación	225
ASPECTOS GENERALES				
La Puerta está ubicada a alrededor de 65 Km el este de la ciudad de Copiapó, accediendo por la ruta 31-CH y luego continuando por la ruta C-601 por unos 200 metros.				
Infraestructura: El sitio no posee ningún tipo de infraestructura.				
Tipo de administración responsable: No posee				
Reconocimiento de la comunidad: Desconocido				
Acceso: Vehículo Normal				



Figura 17: Mapa de ubicación del sitio La Puerta, en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo.



Figura 18: Vista del sector del valle de La Puerta.

Tabla 23: Geosítio La Puerta

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	1	5	5		-	
Calidad de Exposición	3	10	30	3	5	15
La diversidad a Nivel Regional	1	5	5		-	
Potencial Educativo	4	30	120		-	
Logística	1	15	15	1	10	10

Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10	1	5	5
Accesibilidad	3	10	30	3	10	30
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	3	5	15	3	15	45
Asociación con otros valores	1	5	5	1	10	10
Monumentalidad	2	5	10	2	15	30
Potencial Recreativo	-	-		4	20	80
Entorno Social	-	-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas	-	-		1	5	5
Total		100	245		100	240

Tabla 24: Tabla de Potencial de uso de La Puerta

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	2	35	70
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	1	20	20
Estado de protección actual	4	20	80
Accesibilidad	3	15	45
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	225

Tabla 25: Tabla de riesgo de degradación del La Puerta.

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
El sector de la puerta está constituido de lo más nuevo a lo más antiguo por: Estratos de la Puerta (Klp), constituidos por potentes capas de brechas y conglomerados monomícticas, de clastos andesíticos. Posee intercalaciones de areniscas y lutitas, además de incluir niveles volcánicos de riolitas soldadas y andesitas porfídicas ubicadas hacia el techo de la unidad. (Iriarte <i>et al.</i>, 1996) Los estratos del Escorial (Ke): Potente capa de conglomerados y areniscas finas con concreciones calcárea de coloración pardo rojizas, con intercalaciones de lutitas, en donde se observa estratificación planar. (Iriarte <i>et al.</i>, 1996) Formación Sierra de Fraga (Jsfc): Lavas andesíticas y andesito basálticas, verdosas hacia techo en contacto con los estratos del escorial, y hacia el piso encontramos una unidad sedimentaria carbonatada. Esta unidad se encuentra depositada de manera concordante a la formación la Ternera. (Iriarte <i>et al.</i>, 1996) Formación la ternera (Trlte): Varios niveles volcánicos y volcanoclásticos, constituidos por lavas y brechas de composición andesítica con intercalaciones de tobas cristalinas riolíticas hacia el piso junto a conglomerados polimícticos. (Iriarte <i>et al.</i>, 1996)

Esta zona es de gran interés porque presenta un completo registro de las unidades sedimentarias y volcánicas desde el Carbonífero superior hasta el Cretácico Superior y comprende estructuras de diferente origen y edad. Además, una importante discordancia angular es reconocible en varias localizaciones del área de La Puerta, como ya fue descrito por (Iriarte *et al.*, 1996). Esta discordancia es el reflejo de los eventos deformativos que afectaron a las unidades Pérmicas a Cretácico Inferior.

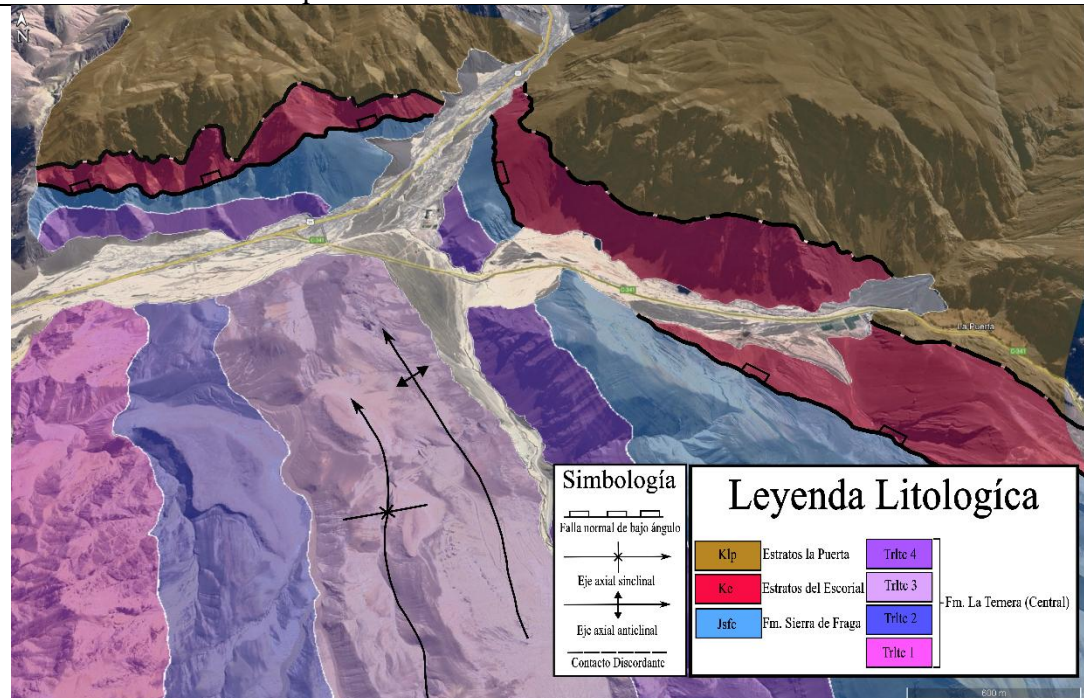


Figura 19: Mapa geológico de la zona de La Puerta, extraído y modificado de Iriarte et al., (1996)

Tabla 26: Descripción Geológica de La Puerta

GEOSITIO				
SALAR DE MARICUNGA				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
"493891,96E 7030741,60S"	Atacama	Hidrogeológico Geomorfológico Económico	Educativo	230
	Comuna		Turístico	230
	Copiapó		Riesgo de Degradación	315
ASPECTOS GENERALES				
El sitio Salar de Maricunga está ubicado a alrededor de 150 km al este de la ciudad de Copiapó, accediendo por la ruta 31-CH.				
Infraestructura: El sitio como tal no posee una estructura propia, sin embargo, existe el paso San Francisco, con un retén de carabineros en la zona, además de faenas mineras y de exploración en el lugar.				
Tipo de administración responsable: Estado				
Reconocimiento de la comunidad: Muy Conocido				
Acceso: Vehículo Normal				



Figura 20: Mapa de ubicación del Salar de Maricunga, en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo.



Figura 21: Vista panorámica del Salar de Maricunga.

Tabla 27: Geositio Salar de Maricunga

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
El Salar de Maricunga se encuentra ubicado en la base y límite occidental de una cuenca de drenaje endorreico alimentada por el río Lamas y limitada en su margen oriental y occidental por antiguos estratovolcanes. Las unidades geológicas que constituyen el salar fueron definidas por sus características química-físicas por Tassara (1997), en donde encontramos dos grupos, el grupo de facies cloruradas ubicadas en la zona noroccidental del salar y el grupo de las facies sulfatadas y boratadas en el sector sudoriental, ambos grupos se encuentran separados por lagunas centrales de orientación SW-NE. Se incluye además una unidad detrítica (Qs-L) con aportes salinos, localizada en los bordes norte y sudoriental del salar. Constituido por 250 metros de arcillas, limos y arenas, cementadas por sales.

Las Facies Cloruradas están constituidas por costras de halita con marcadas diferencias texturales. Siendo estas:

Qs-(a) Costra de Halita en Bloques: Está constituido por cristales de halita de 2mm y agregado un agregado detrítico, formando una costra rugosa.

Qs-(b) Costra Plana de Halita: Está constituida por agregados de cristales de halita de 2 a 5 mm, genera una costra plana y compacta. Su contacto con la unidad de bloques es en su mayoría gradacional.

Qs-(c) Lámina de Halita: Está constituida por agregados cristalinos de halita laminar, de 1 a 2.5 cm de espesor, depositadas sobre limos, además, presenta yeso.

Las Facies Boratadas y Sulfatadas están constituidas por:

MsPls-(a) Costra Sulfatada de yeso y halita: Constituido por un agregado fino-disgregado de halita nodular.

MsPls-(b) Costra Boratada: Está constituida por cristales finos de halita y yeso.

La formación de las distintas unidades de costras salinas responde a un sistema clásico evaporítico y la asociación mineral responde directamente a la composición química del aporte hídrico del salar.

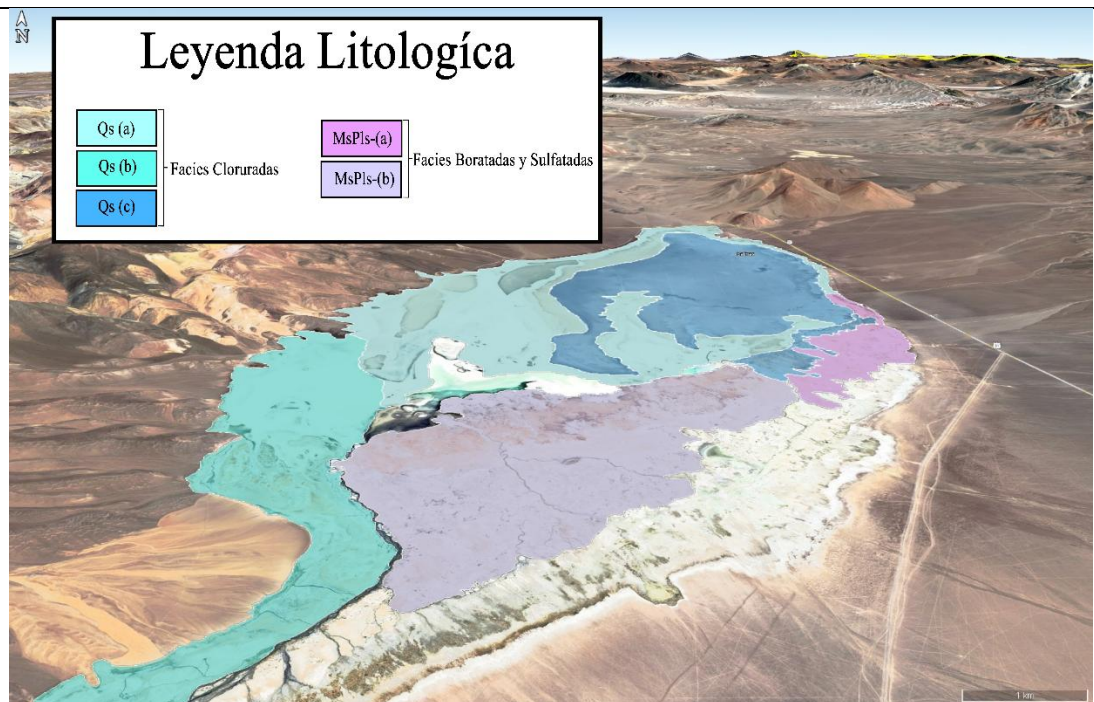


Figura 22: Mapa geológico de las unidades salinas presentes en el salar de Maricunga. Adaptado de Tassara (1996) y Cervetto (2021).

Tabla 28: Descripción geológica del Salar de Maricunga

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	4	5	10		-	
Calidad de Exposición	4	10	20	4	5	10
La diversidad a Nivel Regional	4	5	5		-	
Potencial Educativo	2	30	60		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	20		5	5
Accesibilidad	4	10	30	4	10	30
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	2	5	20	2	15	60
Asociación con otros valores	2	5	5	2	10	10
Monumentalidad	1	5	5	1	15	15
Potencial Recreativo		-		4	20	60
Entorno Social		-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas		-		1	5	5
Total		100	230		100	230

Tabla 29: Tabla de potencial de uso del Salar de Maricunga

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	4	35	140
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	2	20	40
Estado de protección actual	4	20	80
Accesibilidad	3	15	45
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	315

Tabla 30: Tabla de potencial de uso del Salar de Maricunga

GEOSITIO				
RÍO LAMAS				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
"493891,96E	Atacama	Hidrogeológico	Educativo	195

7030741,60S	Comuna	Geomorfológico Criosférico	Turístico	245
	Copiapó		Riesgo De Degradación	170

ASPECTOS GENERALES

El río Lamas se ubica al este de la ciudad de Copiapó, de forma más específica desde Copiapó por la carretera del Inca hacia la carretera CH-31 con dirección al NE por aproximadamente 170 km al este.

Infraestructura: El sitio no posee ningún tipo de estructura, el estacionamiento se realiza a un lado de la carretera.

Tipo de administración responsable: Estado

Reconocimiento de la comunidad: Poco Conocido

Acceso: Vehículo Normal/A pie



Figura 23: Mapa de ubicación del río Lamas, en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar el vehículo.



Figura 24: Vista panorámica del río Lamas.

Tabla 31: Geosítio Río Lamas

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

El Río Lamas está catalogado como uno de los ríos más caudalosos de la zona alta cordillerana de Atacama con un caudal de 61 l/s en su inicio, llegando a aumentar a 330 l/s (datos extraídos de Niemeyer, F. 1980).

Nace en las faldas del volcán nevado Tres Cruces y recibe su aporte hídrico de los deshielos y las precipitaciones. El río fluye hasta el llano la Ciénega Redonda, labrando el terreno y las unidades geológicas por las cuales se desplaza, principalmente depósitos aluviales del Mioceno Superior, actuando como agente de desarrollo geomorfológico del lugar, además de ser un aporte hídrico importante para el Salar de Maricunga. Su importancia principal radica en su importancia rol en la alimentación hídrica del salar de Maricunga, al igual que ser un foco donde confluye flora y fauna.

Debido a que se encuentra ubicado dentro del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, está considerado dentro de los sitios Ramsar más importantes de Chile y el mundo.



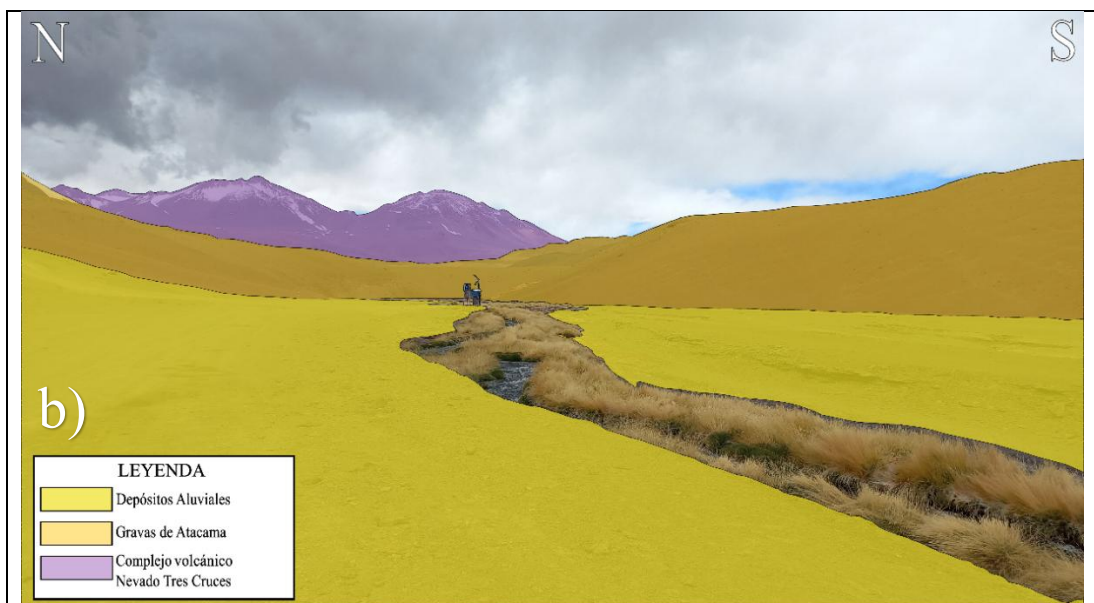


Figura 25: a) Fotografía panorámica del Río Lamas, b) Demarcación de las unidades geológicas circundantes al río.

Tabla 32: Descripción geológica del Río Lamas

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	2	5	10		-	
Calidad de Exposición	4	10	40	4	5	20
La diversidad a Nivel Regional	1	5	5		-	
Potencial Educativo	2	30	60		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10	1	5	5
Accesibilidad	2	10	20	2	10	20
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	3	5	15	3	15	45
Asociación con otros valores	2	5	10	2	10	20
Monumentalidad	2	5	10	2	15	30
Potencial Recreativo		-		4	20	80
Entorno Social		-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas		-		1	5	5
Total		100	195		100	245

Tabla 33: Tabla de potencial de uso del Río Lamas

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	2	35	70
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	1	20	20
Estado de protección actual	2	20	40
Accesibilidad	2	15	30
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	170

Tabla 34: Tabla de riesgo de degradación del río Lamas

GEOSITIO				
LAGUNA VERDE				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
551074E 7025574S	Atacama	Hidrogeológico Geomorfológico Económico	Educativo	375
	Comuna		Turístico	325
	Copiapó		Riesgo de Degradación	260
ASPECTOS GENERALES				
La Laguna Verde se ubica a aproximadamente 270 km al este de la ciudad de Copiapó. Para acceder al sitio se debe tomar la carretera del CH-31 con dirección al NE por aproximadamente 16.5 km, luego hacia el este unos 250 km				
Infraestructura: El sitio posee un refugio local, con ducha termal y baño, el estacionamiento se realiza a un lado de la carretera cercano al refugio.				
Tipo de administración responsable: Estado				
Reconocimiento de la comunidad: Muy Conocido				
Acceso: Vehículo Normal/A pie				



Figura 26: Mapa de ubicación de la Laguna Verde, en donde se resalta una zona con la posibilidad de estacionar.



Figura 27: Vista hacia la Laguna Verde, en donde se aprecia una piscina de agua termal.

Tabla 35: Geositio Laguna Verde

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
En la zona de Laguna Verde encontramos alrededor de la laguna depósitos de tipo lacustre constituidos por areniscas, limonitas y conglomerados finos, altamente consolidados dispuestos horizontalmente en los bordes de la laguna y en los alrededores de esta, los clastos son de composición andesítica y dacítica, de origen piroclástico, bien redondeados, con buena selección. Al Norte y el Este de la laguna encontramos depósitos piroclásticos, caracterizados por presentarse medianamente compactados de tamaño lapilli a bomba, con presencia de fragmentos líticos angulosos a subangulosos, de composición andesítica y matriz fina, de coloración blanquecina a rosada. Este depósito se asocia y agrupa en las Ignimbritas de Laguna Verde (Clavero et al., 2012).

Sobreyaciendo a las Ignimbritas de Laguna Verde encontramos un depósito de gravas oligomicticas, con clastos de composición andesítica, y dacítica, asociadas a abanicos aluviales de los complejos volcánicos cercanos.

La Laguna Verde se encuentra rodeada por diversos complejos volcánicos y volcanes, del más antiguo al más nuevo encontramos, el Volcán Laguna verde al Norte y Volcán Mulas Muertas al Sur (ambos del Mioceno Superior), luego encontramos al Noroeste el Volcán Ermitaño (Plioceno Inferior), luego al Sureste encontramos el Volcán Mesetas Negras (Plioceno Inferior) y finalmente el Este encontramos el complejo volcánico Falso Azufre (Pleistoceno-Holoceno). Todas las dataciones fueron extraídas de Mpodozis et al. (1995) y Clavero et al. (1997; 2012).

La laguna presenta aportes de vertientes hidrotermales, un estudio hidroquímico realizado por el Instituto Nacional para el Desarrollo Sostenible Francés (IRD por sus siglas en francés) indica que la laguna posee elevados niveles promedio de Cloro (85000 ppm), Sodio (55000 ppm), Potasio (6000 ppm), Magnesio (1400 ppm), pero el más importante es el Litio, con un promedio de (245 ppm), teniendo en cuenta que la extracción de litio se realiza en zonas con un promedio similar incluso con valores de 150 ppm (Hiner, 2009).



Figura 28: Depósitos salinos de la Laguna Verde, en donde se observa además piscinas de agua termal

Tabla 36: Descripción geológica de Laguna Verde

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	3	5	15		-	
Calidad de exposición	4	10	40	4	5	20

La diversidad a Nivel Regional	3	5	15		-	
Potencial Educativo	4	30	120		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10	1	5	5
Accesibilidad	3	10	30	3	10	30
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	3	5	15	3	15	45
Asociación con otros valores	4	5	20	4	10	40
Monumentalidad	4	5	20	4	15	60
Potencial Recreativo		-		3	20	60
Entorno Social		-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas		-		1	5	5
Total		100	300		100	285

Tabla 37: Tabla de potencial de uso de la Laguna Verde

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	3	35	105
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	1	20	20
Estado de protección actual	4	20	80
Accesibilidad	3	15	45
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	260

Tabla 38: Tabla de riesgo de degradación de la Laguna Verde

GEOSITIO				
LAGUNA DEL NEGRO FRANCISCO				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
477370E 6959286S	Atacama	Hidrogeológico Geomorfológico	Educativo	255
	Comuna		Turístico	245
	Copiapó		Riesgo de Degradación	260
ASPECTOS GENERALES				
La Laguna Del Negro Francisco está ubicada al este de la ciudad de Copiapó, por la ruta CH-31 con dirección al NE por 16 km, luego 70 km hacia el E hasta llegar a la Ruta C-601, desde esa ruta unos 130 km hasta llegar a nuestro destino, con un total acumulado de 220 km desde Copiapó.				
Infraestructura: Esta ubicación posee un refugio habilitado y completamente equipado				
Tipo de administración responsable: Estado				
Reconocimiento de la comunidad: Muy Conocido				
Acceso: Vehículo 4x4				



Figura 29: Mapa de ubicación de la Laguna del Negro Francisco.



Figura 30: Vista del refugio de la CONAF, a la orilla de la laguna.



Figura 31: a) y b): Vista interior del refugio.

Tabla 39: Geosítio Laguna del Negro Francisco

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
La Laguna del Negro Francisco corresponde a un humedal continental, conformado por dos cuerpos de agua: una laguna salobre y otra salada, separadas por un cordón de material aluvial. Ambas lagunas, sin embargo, se encuentran conectadas a través de un canal natural en la orilla sur. Este sector alberga la mayor concentración austral conocida de las tres especies de flamencos altoandinos, convirtiéndola en un sitio clave para su conservación. Además, destaca por registrar la mayor diversidad de aves limícolas de la puna atacameña, entre las que se incluyen diversas especies de chorlos y playeros. En los márgenes de la laguna encontramos depósitos lacustres, constituidos por sedimentos no consolidados o escasamente consolidados, estos incluyen limos, areniscas finas y arcillas. Encontramos también un gran número de depósitos asociados a abanicos aluviales, de los complejos volcánicos cercanos a la laguna, constituidos por gravas y arenas gruesas polimícticas y mal consolidadas. Finalmente, la cuenca de la laguna se encuentra rodeada por varios volcanes y estratos volcánicos, al igual que domos volcánicos.

La Laguna del Negro Francisco está incluida en el inventario de Sitios Ramsar, humedales de importancia internacional.

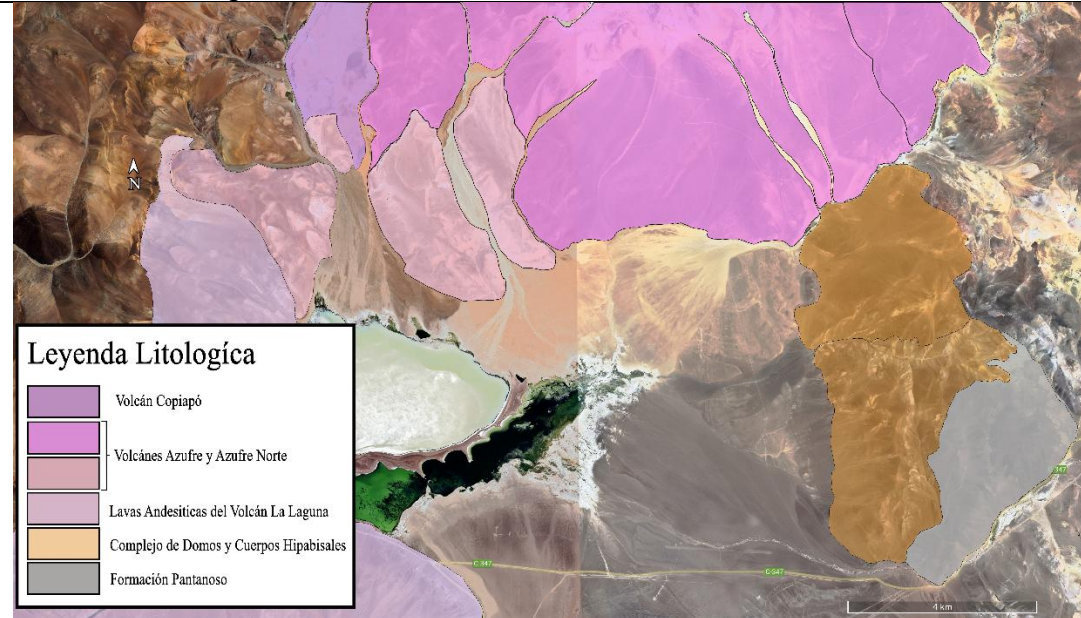


Figura 32: Mapa Geológico simplificado de la zona de la Laguna del Negro Francisco, en donde se observan las unidades volcánicas que rodean a la laguna. Extraído y modificado de Mpodozis et al., (2012)



Figura 33: Vista Al Volcán Azufre desde la Laguna del Negro Francisco.

Tabla 40: Descripción geológica de La Laguna del Negro francisco

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	2	5	10		-	
Calidad de Exposición	4	10	40	4	5	20
La diversidad a Nivel Regional	2	5	10		-	
Potencial Educativo	4	30	120		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10	1	5	5
Accesibilidad	2	10	20	2	10	20
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	1	5	5	2	15	30
Asociación con otros valores	2	5	10	2	10	20
Monumentalidad	3	5	15	3	15	45
Potencial Recreativo		-		4	20	80
Entorno Social		-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas		-		1	5	5
Total		100	255		100	245

Tabla 41: Tabla de potencial de uso de la Laguna del Negro Francisco

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	4	35	140
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	2	20	40
Estado de protección actual	2	20	40
Accesibilidad	2	15	30
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	260

Tabla 42: Tabla de riesgo de degradación de la Laguna del Negro Francisco

GEOSITIO				
LAGUNA SANTA ROSA				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
483475E 7025574S	Atacama	Hidrogeológico Geomorfológico	Educativo	270
	Comuna		Turístico	265
	Copiapó		Riesgo de Degradación	235
ASPECTOS GENERALES				
La Laguna Santa Rosa está ubicada a alrededor de 160 km de la ciudad de Copiapó, más específicamente, se comienza el viaje por la carretera CH-31 hacia el este por unos 60 km hasta llegar a la ruta C-601 por 100 km.				
Infraestructura: El sitio posee un mirador y una zona de estacionamiento habilitado.				
Tipo de administración responsable: Estado				
Reconocimiento de la comunidad: Muy Conocido				
Acceso: Vehículo 4x4				



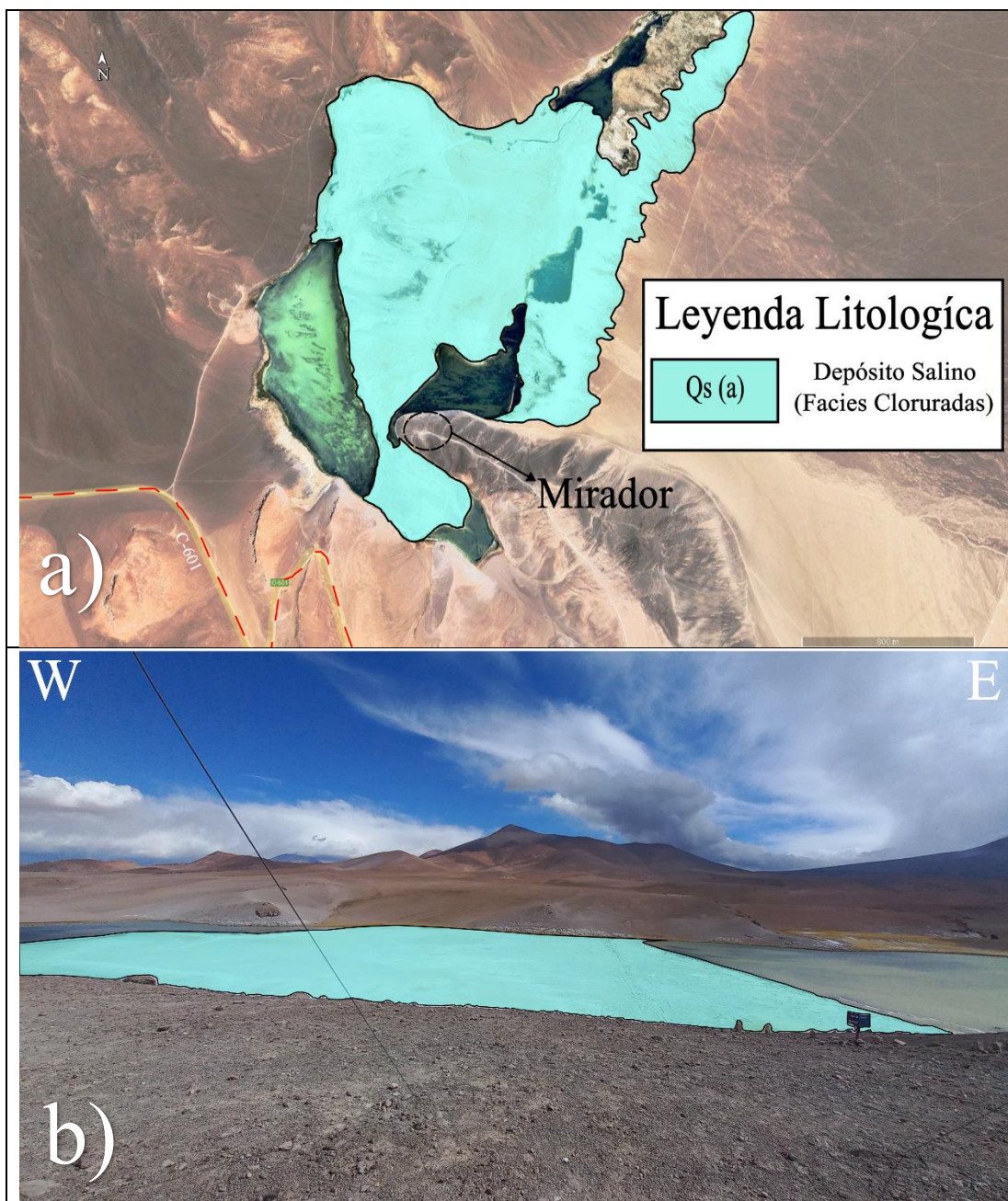
Figura 34: Mapa de ubicación de la Laguna Santa Rosa, en donde se resalta una zona con estacionamiento y mirador



Figura 35: Vista de la Laguna Santa Rosa en donde se observa parte de sus depósitos Salinos

Tabla 43: Geositio Laguna Santa Rosa

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
La Laguna Santa Rosa constituye un cuerpo de agua somero trifásico, de una profundidad máxima de 1,2 metros. Su conexión hidrológica con el Salar de Maricunga se establece a través de dos cursos fluviales menores. El sistema se divide en una unidad occidental de mayor envergadura y dos cuerpos orientales. La laguna presenta un cuerpo salino, uno ubicado en la zona central de la laguna separando dos masas de agua, mientras que el otro se ubica en los bordes orientales de la laguna. Un estudio realizado por Sepúlveda & Zalam (2018) evidencia una progresiva disminución de la laguna, desde el año 1993 hasta el año 2018.



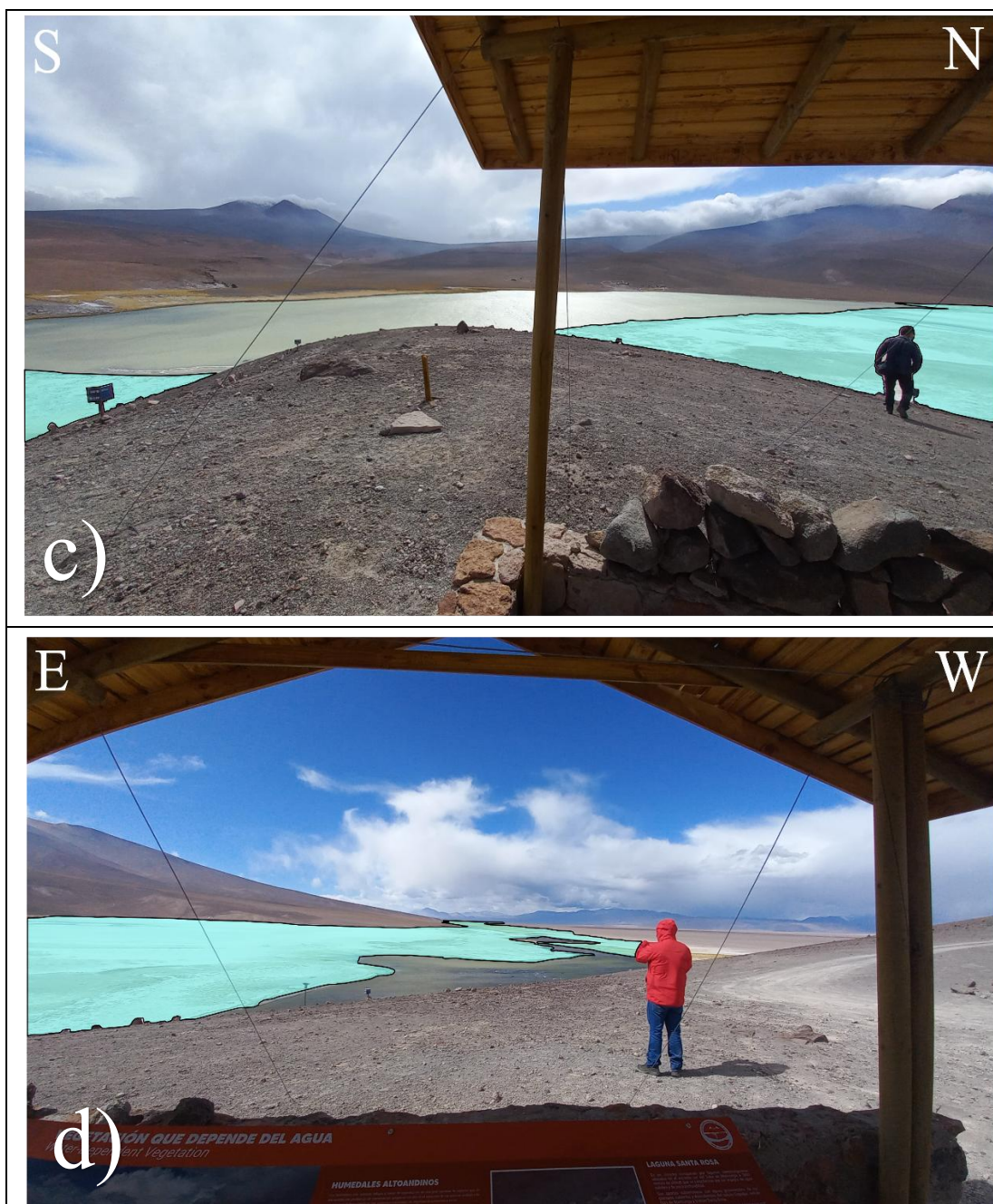


Figura 36: a) Mapa geológico sintético de los depósitos salinos de la laguna, [a), b), c)] Vista panorámica desde el mirador de la Laguna Santa Rosa, en donde se demarca el depósito salino.

Tabla 44: Descripción geológica de la Laguna Santa Rosa

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	2	5	10		-	
Calidad de Exposición	4	10	40	3	5	15
La diversidad a Nivel Regional	2	5	10		-	
Potencial Educativo	4	30	120		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10	1	5	5
Accesibilidad	2	10	20	3	10	30
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	2	5	10	4	15	60
Asociación con otros valores	3	5	15	1	10	10
Monumentalidad	4	5	20	3	15	45
Potencial Recreativo		-		4	20	80
Entorno Social		-		1	5	5
Proximidad a las Instalaciones recreativas		-		1	5	5
Total		100	270		100	265

Tabla 45: Tabla de potencial de uso de la Laguna Santa Rosa

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	3	35	105
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	1	20	20
Estado de protección actual	2	20	40
Accesibilidad	4	15	60
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	235

Tabla 46:

GEOSITIO				
VOLCÁN NEVADO TRES CRUCES				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
551074E 7025574S	Atacama	Volcanológico	Educativo	255
	Comuna	Criósferico	Turístico	265
	Copiapó	Geomorfológico	Riesgo de Degradación	120
ASPECTOS GENERALES				
El macizo tres cruces se encuentra al este de la ciudad de Copiapó, por la carretera CH-31 en dirección NE por aproximadamente 16.5 Km, luego hacia el este por alrededor de 215 Km será visible el macizo Nevado Tres Cruces.				
Infraestructura: El sitio no posee ningún tipo de estructura				
Tipo de administración responsable: Estado				
Reconocimiento de la comunidad: Muy Conocido				
Acceso: Vehículo 4x4/ A pie				



Figura 37: Mapa de ubicación del Volcán Nevado Tres Cruces.



Figura 38: Vista desde el Rio Lamas, hacia el macizo Tres Cruces

Tabla 47: Geositio Volcán Nevado Tres Cruces

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
El volcán Tres Cruces forma parte del Complejo Volcánico Tres Cruces (CTC) definido por Naranjo et al (2019). Está constituido por tres conos de alineación N-S, formando una cadena montañosa de aproximadamente 10 Km de largo y 5 Km de Ancho, correspondiente al Macizo Tres Cruces, con una cumbre aproximada de 6.200 m.s.n.m, considerado uno de los volcanes más altos del mundo. Los tres conos están contruidos sobre un cordón volcánico plioceno, de los cuales existen reducidos afloramientos en el flanco SE y NW del macizo. El complejo incluye los volcanes Rodrigo, Lemp y Cristi por el norte y Puntigudo por el sur, todos parcialmente cubiertos por el material volcánico del CTC. Sobre los 5.500 metros se encuentran pequeños glaciares en zonas deprimidas en los márgenes de coladas y circos glaciares.

Litológicamente encontramos una potente colada domo de unos 200 metros de espesor, constituida por dacitas vítreas con cristales de hornblenda. El macizo está constituido por tres conos irregulares cuyas elevaciones aumentan de norte a sur, el edificio volcánico más septentrional presenta un cráter de 1 km de diámetro, con una apertura hacia el oeste, ensanchado por la erosión glaciaria. El edificio central constituido por potentes coladas dacíticas (2.5 km), posee un cráter bien preservado de 500 metros de diámetro. El edificio volcánico meridional presenta coladas cortas y potentes, presenta dos cráteres en su cumbre de 250 metros de diámetro cada uno (Gardeweg et al., 2000).

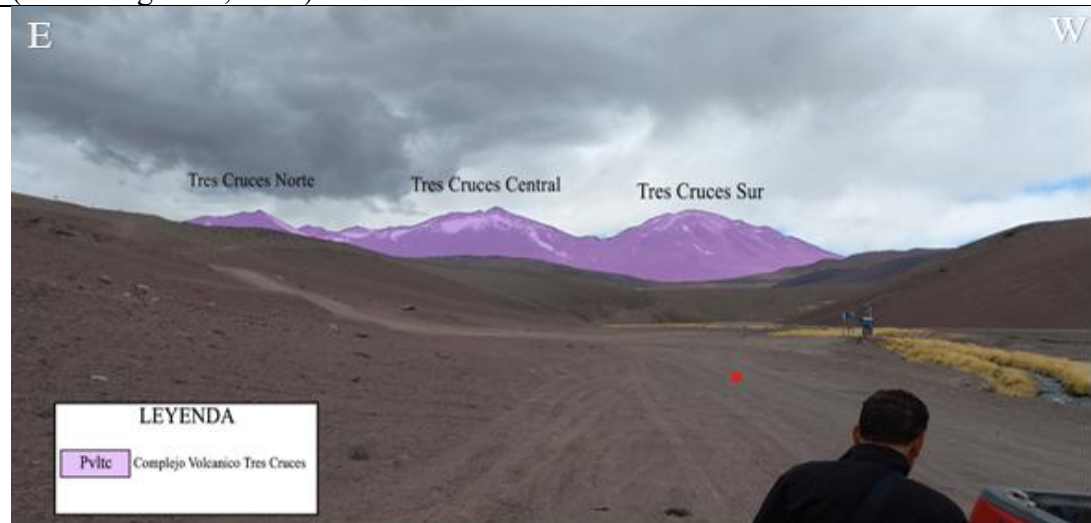


Figura 39: Vista panorámica del Complejo Volcánico tres cruces en donde se demarcan las tres cumbres del macizo tres cruces

Tabla 48: Descripción geológica Volcán Nevado Tres Cruces

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	2	5	10		-	
Calidad de Exposición	3	10	30	3	5	15
La diversidad a Nivel Regional	3	5	15		-	
Potencial Educativo	4	30	120		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25Km	1	10	10	1	5	5
Accesibilidad	1	10	10	1	10	10
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	4	5	20	4	15	60

Asociación con otros valores	1	5	5	1	10	10
Monumentalidad	4	5	20	4	15	60
Potencial Recreativo		-		4	20	80
Entorno Social		-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas		-		1	5	5
Total		100	255		100	265

Tabla 49: Tabla de potencial de uso del Nevado Tres Cruces

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	1	35	35
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	1	20	20
Estado de protección actual	2	20	40
Accesibilidad	1	15	15
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	120

Tabla 50: Tabla de riesgo de degradación del volcán Nevado Tres Cruces

GEOSITIO				
VOLCÁN OJOS DEL SALADO				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
551074E 7025574S	Atacama	Volcanológico	Educativo	255
	Comuna	Criosferico	Turístico	265
	Copiapó	Geomorfológico	Riesgo de Degradación	120
ASPECTOS GENERALES				
El Volcán Ojos del Salado se encuentra al este de la ciudad de Copiapó, por la carretera CH-31 en dirección NE por aproximadamente 16.5 Km, luego hacia el este por alrededor de 215 Km. Para visualizar mejor El Volcán Ojos del Salado, es necesario tomar el desvío a unos 10 km antes de la Laguna Verde (Ruta no pavimentada y sin nombre) por alrededor de 1 km tendremos una mejor vista del volcán.				
Infraestructura: El sitio no posee ningún tipo de estructura				
Tipo de administración responsable: Estado				
Reconocimiento de la comunidad: Muy Conocido				
Acceso: Vehículo 4x4/A pie				



Figura 40: Mapa de ubicación del Volcán Nevado tres Cruces (9) y el Volcán Ojos del Salado (8).



Figura 41: Vista panorámica del Volcán Ojos del Salado.

Tabla 51: Geositio Volcán Ojos del Salado

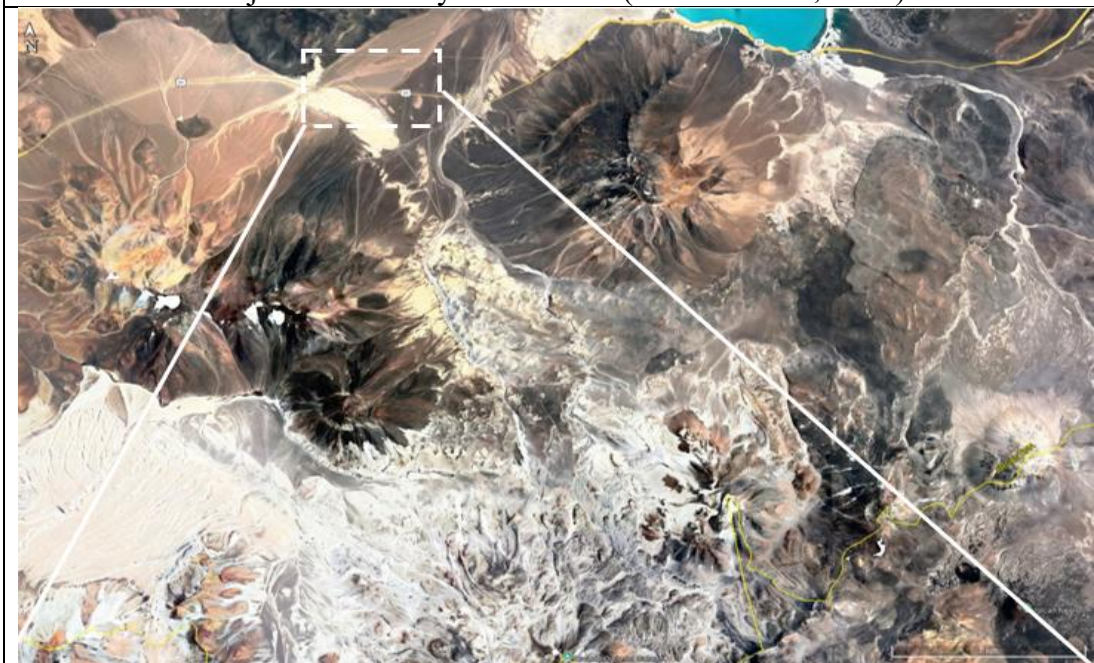
DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

El Complejo Volcánico Nevado Ojos del Salado está constituido por 2 subcomplejos volcánicos, el subcomplejo volcánico Nevados Ojos del Salado 1, y el subcomplejo volcánico Nevados Ojos del Salado 2.

Subcomplejo Volcánico N°1: Corresponde a un edificio volcánico antiguo ovalado de aproximadamente 1200 m de altura desde su base y 17 km de diámetro. Está constituido por coladas de lavas y domos de composición dacítica y depósitos subordinados de pómez asociados a conos piroclásticos (Gardeweg P., et al., 1997).

Subcomplejo Volcánico N°2: Corresponde a una estructura que se edificó sobre el subcomplejo volcánico N°1 y está constituido por coladas de lavas dacíticas y andesíticas y numerosos domos dacíticos. Posee además depósitos de caída asociados a eventos piroclásticos, así como depósitos de bloques y ceniza.

El eje del arco volcánico tuvo una orientación aproximadamente oeste-este, a lo largo de este se edificaron un conjunto de volcanes y complejos volcánicos durante el Plioceno Superior y el Pleistoceno, siendo este alineamiento una manifestación del denominado “Ridge de Copiapó”. Es esta actividad volcánica la que dio origen al Volcán Nevado Ojos del Salado y Tres Cruces (Warwell *et al.*, 2025).



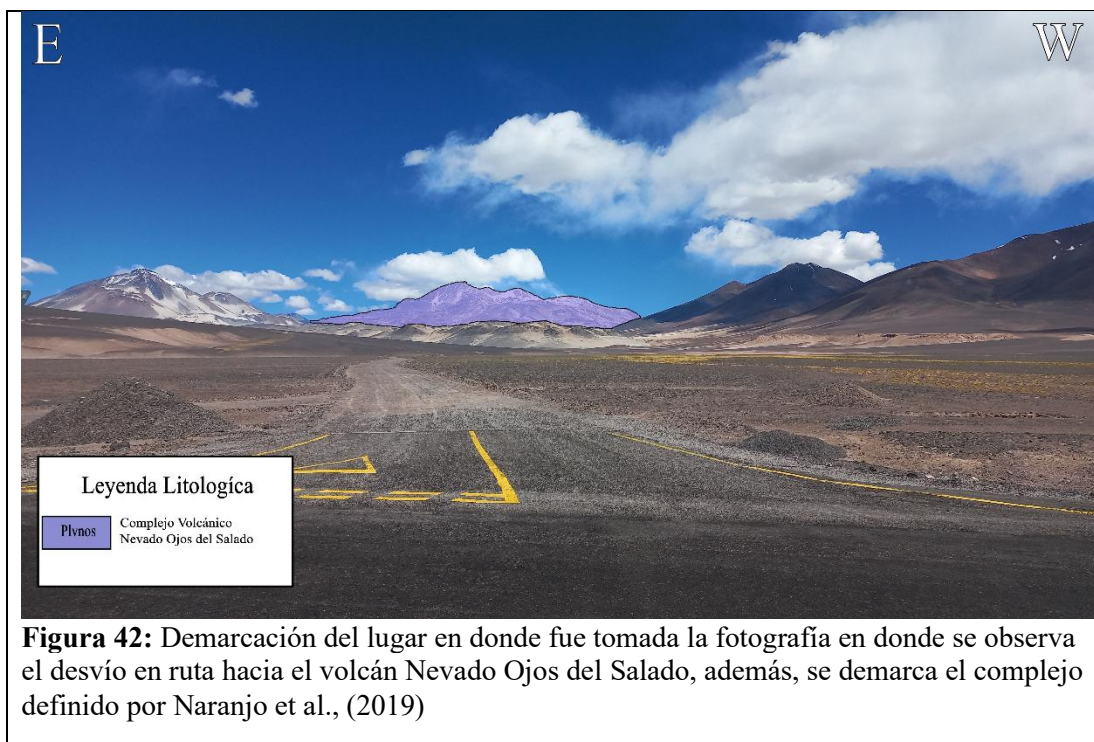


Tabla 52: Descripción geológica del Volcán Ojos del Salado

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	2	5	10		-	
Calidad de Exposición	3	10	30	3	5	15
La diversidad a Nivel Regional	3	5	15		-	
Potencial Educativo	4	30	120		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10	1	5	5
Accesibilidad	1	10	10	1	10	10
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	4	5	20	4	15	60
Asociación con otros valores	1	5	5	1	10	10
Monumentalidad	4	5	20	4	15	60
Potencial Recreativo		-		4	20	80
Entorno Social		-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas		-		1	5	5

Total		100	255		100	265
-------	--	-----	-----	--	-----	-----

Tabla 53: Tabla de potencial de uso del Volcán Ojos del Salado

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	1	35	35
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	1	20	20
Estado de protección actual	2	20	40
Accesibilidad	1	15	15
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	120

Tabla 54: Tabla de riesgo de degradación del Volcán Ojos del Salado

GEOSITIO				
VOLCÁN COPIAPÓ Y VOLCÁN AZUFRE				
Coordenadas	Región	Tipo de Interés	Valores	
486867,26E 6978856,71S	Atacama	Volcanológico	Educativo	245
	Comuna	Criosferico	Turístico	235
	Copiapó	Geomorfológico	Riesgo de Degradación	120
ASPECTOS GENERALES				
El Volcán Copiapó se encuentra al este de la ciudad de Copiapó, por la carretera CH-31 hacia el NE por aproximadamente 16.5 km hasta y luego unos 55 km al E hasta llegar al cruce con la ruta C-601, tomando esa ruta avanzamos alrededor de 80 km, en esta ruta tendremos una visión clara del Volcán. Para visualizar el Volcán Azufre debemos avanzar unos 30 km más hacia el sur, llegando a la Laguna del Negro Francisco, desde ese punto tendremos una vista del Volcán Azufre.				
Infraestructura: Esta ubicación no posee ninguna estructura, se podrá estacionar a un lado de la carretera.				
Tipo de administración responsable: Estado				
Reconocimiento de la comunidad: Muy Conocido				
Acceso: Vehículo 4x4/A pie				



Figura 43: Mapa de ubicación del Volcán Copiapó



Figura 44: Vista panorámica del Volcán Copiapó.

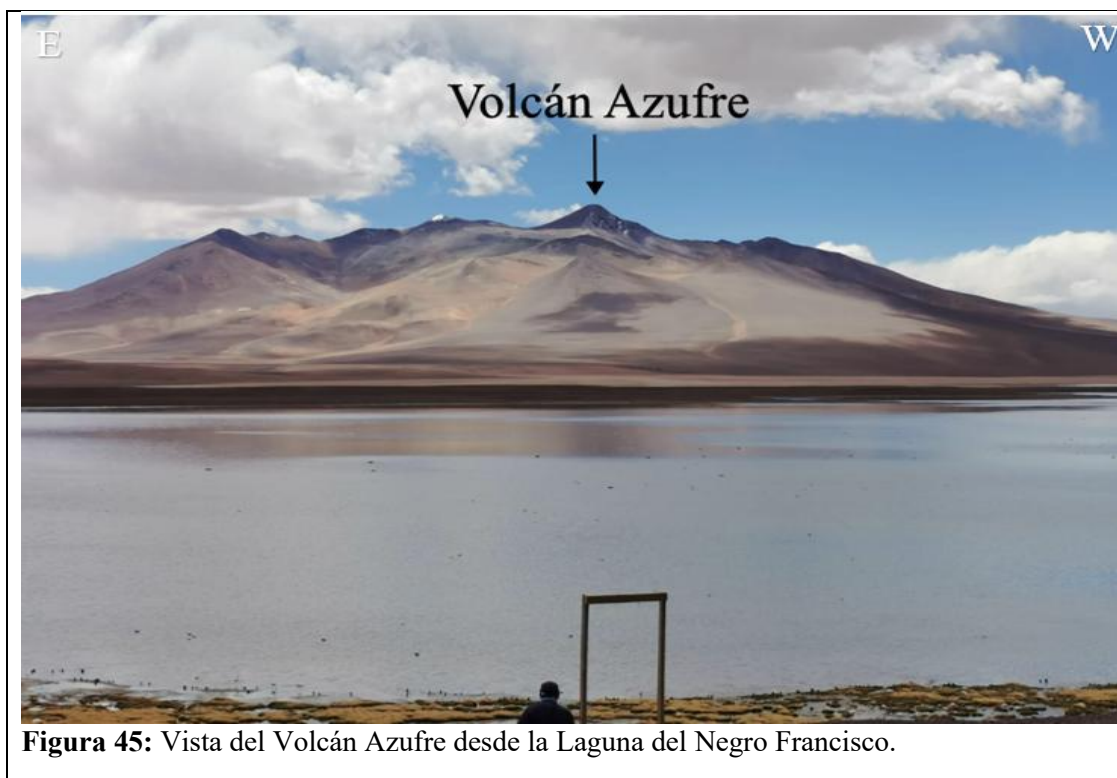


Figura 45: Vista del Volcán Azufre desde la Laguna del Negro Francisco.

Tabla 55: Geosítio volcán Copiapó y volcán Azufre

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA
El volcán forma parte del Complejo Volcánico Copiapó (CVC), caracterizado por la formación de sistemas de domos, estratovolcanes y flujos piroclásticos de composición dacítica. Mpodozis et al. (1994) establece dos eventos volcánicos formadores del complejo, un primer evento ocurrido entre los 10 a 11 Ma (Etapa temprana) y otro evento ocurrido entre 8 a 7 Ma (Etapa Tardía). La etapa temprana estuvo caracterizada por la construcción del estratovolcán Azufre, constituido por coladas y depósitos piroclásticos de bloques y cenizas dacíticas de anfibolita con escaso piroxeno. De manera sincrónica a la construcción del volcán Azufre ocurrió una intensa actividad volcánica, evidenciada por el emplazamiento de domos dacíticos y secuencias de ignimbritas junto a depósitos de brechas volcánicas, que afloran al norte, al oeste y al suroeste del volcán Copiapó. La génesis del volcán está enmarcada dentro de la evolución geológica y volcánica de la Franja de Maricunga durante el Oligoceno-Mioceno. Las rocas del CVC son principalmente ácidas, pero con notables variaciones en su contenido de tierras raras, Estroncio y Neodimio, dicho comportamiento responde a progresivo engrosamiento cortical ocurrido durante este periodo (Mpodozis & Kay, 1995).

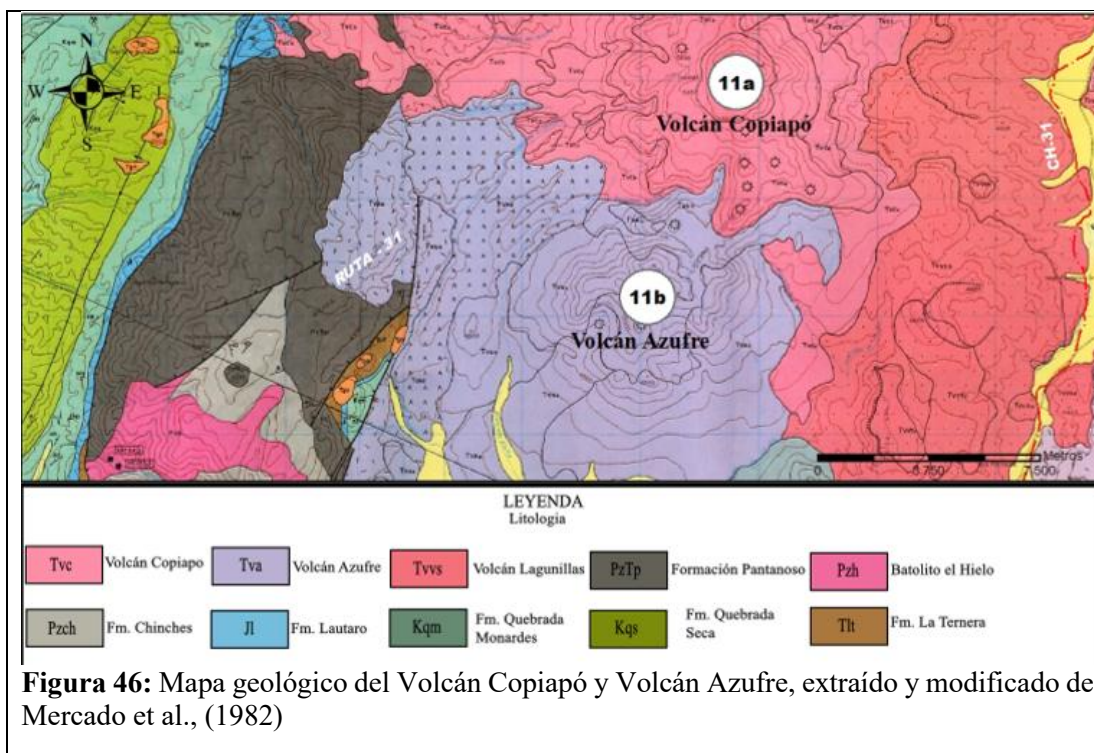


Figura 46: Mapa geológico del Volcán Copiapó y Volcán Azufre, extraído y modificado de Mercado et al., (1982)

Tabla 56: Descripción geológica del volcán Azufre y Volcán Copiapó

Potencial de uso de los sitios geológicos						
Criterios	Uso Educativo			Uso Turístico		
	Puntos	Peso	Valoración	Puntos	Peso	Valoración
Representatividad	2	5	10		-	
Calidad de exposición	3	10	30	3	5	15
La diversidad a Nivel Regional	3	5	15		-	
Potencial Educativo	4	30	120		-	
Logística	1	15	15	1	10	10
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10	1	5	5
Accesibilidad	1	10	10	1	10	10
Vulnerabilidad Causada por la Actividad Humana	4	5	20	4	15	60
Asociación con otros valores	1	5	5	1	10	10
Monumentalidad	2	5	10	2	15	30
Potencial Recreativo		-		4	20	80
Entorno Social		-		2	5	10
Proximidad a las Instalaciones recreativas		-		1	5	5
Total		100	245		100	235

Tabla 57: Tabla de potencial de uso del Volcán Copiapó

Riesgo de degradación de los sitios geológicos			
Criterios	Puntos	Peso	Valoración
Vulnerabilidad Causada por factores naturales o humanos	1	35	35
Proximidad a las áreas potenciales dañinas	1	20	20
Estado de protección actual	2	20	40
Accesibilidad	1	15	15
Superficie de Habitantes dentro de 25 Km	1	10	10
Total		100	120

Tabla 58: Tabla de riesgo de degradación del Volcán Copiapó

5.4 Valoración Final

N°	LIGs	Potencial de Uso Educativo	Potencial de Uso Turístico	Riesgo de Degradación
1	Caos de Puquios	285	265	195
2	Quebrada La Cachivarita	245	190	265
4	La Puerta	245	240	225
5	Salar de Maricunga	230	230	315
6	Rio Lamas	195	245	170
7	Laguna Verde	375	325	260
3	Quebrada El Carbón	195	205	265
12	Laguna del Negro Francisco	255	245	260
10	Laguna Santa Rosa	270	265	235
9	Volcán Nevado Tres Cruces	255	265	120
8	Volcán Ojos del Salado	255	265	120
11	Volcán Copiapó y Azufre	245	235	120

Tabla 59: Tabla de Valoración Final.

CAPÍTULO 6: ITINERARIO TURÍSTICO PROPUESTO

A partir de la selección de los sitios de interés, se diseñaron dos rutas temáticas geoturísticas. Su configuración responde a tres criterios complementarios: la proximidad geográfica entre puntos, la facilidad de acceso vial, priorizando que la mayor parte del recorrido pueda realizarse en vehículo liviano sin tracción 4x4.

Cabe señalar que, dada la localización del área de estudio, el uso de vehículo particular es indispensable para realizar los dos recorridos.

La primera ruta se desarrolla íntegramente a lo largo de la ruta CH-31, mientras que la segunda ruta utiliza también la CH-31 como eje principal, desviándose posteriormente por la ruta C-601.

6.1 Ruta 1

La ruta se inicia a la salida de la ciudad de Copiapó tomando la Carretera del Inca, hasta empalmar con la ruta CH-31. Desde allí se avanza en dirección noreste por aproximadamente 16,5 km y luego hacia el este por 37 km, hasta alcanzar la primera parada (P1), el Caos de Puquios.

El estacionamiento se realiza a un costado de la carretera. Al aproximarse al sitio, lo primero que se distingue son las ruinas de Puquios, vestigio tangible de la historia minera de la región. Continuando hacia el afloramiento, la vista panorámica revela la verdadera atracción geológica del lugar: pliegues de escala métrica que permiten comprender, de manera visual e intuitiva, cómo las rocas — pese a ser materiales sólidos— pueden comportarse de manera dúctil y deformarse como un fluido bajo condiciones específicas de presión y temperatura.

Luego, desde este punto, seguimos por la ruta CH-31 unos 10 km hacia el este y llegaremos a nuestra segunda parada (P2), Quebrada La Cachivarita, un sitio de interés principalmente paleontológico y sedimentario. Al igual que en el punto anterior, el vehículo se estaciona a un costado de la carretera. El acceso se encuentra hacia el norte y su entrada es visible desde la ruta. Una caminata ligera nos conduce hasta la

unidad de lutitas fosilíferas, en la que la mayoría de los especímenes pueden identificarse directamente en el afloramiento.

Se hace un llamado especial a proceder con extrema precaución y respeto por el entorno: los fósiles son un recurso finito e irrecuperable, cuyo estudio nos permite reconstruir las condiciones ambientales y climáticas de millones de años atrás. Cualquier intervención inadecuada compromete irreversiblemente la integridad del sitio y el valor científico de sus registros.

Luego unos 12 km por la ruta nos encontramos en el sector de la Puerta, en donde se procede a realizar el recorrido de la zona con una breve explicación geológica del lugar. Desde La pPuerta podemos continuar hacia Quebrada El Carbón, lo que requiere una caminata de aproximadamente 2 hora hasta llegar al afloramiento carbonoso del que recibe su nombre la quebrada.

Continuando por la ruta CH-31 durante aproximadamente 70 km, se llega al Salar de Maricunga, sitio de notable interés tanto económico como geomorfológico. Se trata del salar de mayor altitud de Chile y uno de los más relevantes de la región por sus depósitos de litio y otros minerales evaporíticos.

Al acercarnos a su orilla, los extensos depósitos salinos que le dan nombre al lugar se despliegan en toda su magnitud, ofreciendo una oportunidad única para comprender los procesos de evaporación y precipitación mineral que dan origen a este tipo de geoformas en ambientes áridos de altura. La observación directa del afloramiento permite además identificar las texturas cristalinas características de los minerales evaporíticos presentes, como halita y ulexita, entre otros.

Continuando por la ruta aproximadamente 30 km, se llega al río Lamas, uno de los aportes hídricos más importantes para el Salar de Maricunga. Este sitio presenta un interés hidrogeológico y geomorfológico destacado, ya que permite comprender el rol que cumplen los sistemas fluviales de alta montaña en la alimentación y mantención de los salares altiplánicos.

Desde este punto se obtiene una vista privilegiada del volcán Nevado Tres Cruces, zona de nacimiento del río, cuyas nieves y aguas de deshielo constituyen la

principal fuente de alimentación del curso fluvial. Esta relación directa entre el aparato volcánico, el sistema fluvial y el salar ilustra de manera clara la conectividad hidrológica característica de las cuencas endorreicas andinas de altura.

Tras aproximadamente 40 km adicionales, se ingresa a la zona volcánica del sector, donde se encuentran dos de los edificios volcánicos más imponentes de los Andes: el volcán Nevado Tres Cruces y el volcán Ojos del Salado, este último reconocido como el volcán más alto del mundo con más de 6.800 m.s.n.m. (Nagy *et al.*, 2019).

El acceso a esta zona se realiza mediante un desvío desde la ruta principal. Dado que la elevación en el punto de desvío supera los 4.000 m.s.n.m. y puede alcanzar los 4.300 m.s.n.m. en las faldas de los volcanes, se recomienda una preparación previa adecuada que incluya aclimatación, hidratación suficiente y vestimenta apropiada para condiciones de alta montaña. La altura puede provocar síntomas de mal de altura incluso en personas sin factores de riesgo previos, por lo que este aspecto no debe subestimarse.

Finalmente, a unos 10 km desde el desvío hacia el volcán Ojos del Salado, se llega a la Laguna Verde, uno de los paisajes más icónicos y reconocibles de la Región de Atacama. Este sitio presenta un interés económico, hidrogeológico e hidrotermal de primer orden: su llamativa coloración verdosa, producto de la presencia de minerales en suspensión y actividad hidrotermal asociada al contexto volcánico, la convierte en

un punto de síntesis excepcional para comprender la interacción entre volcanismo, aguas termales y geoquímica de alta montaña.

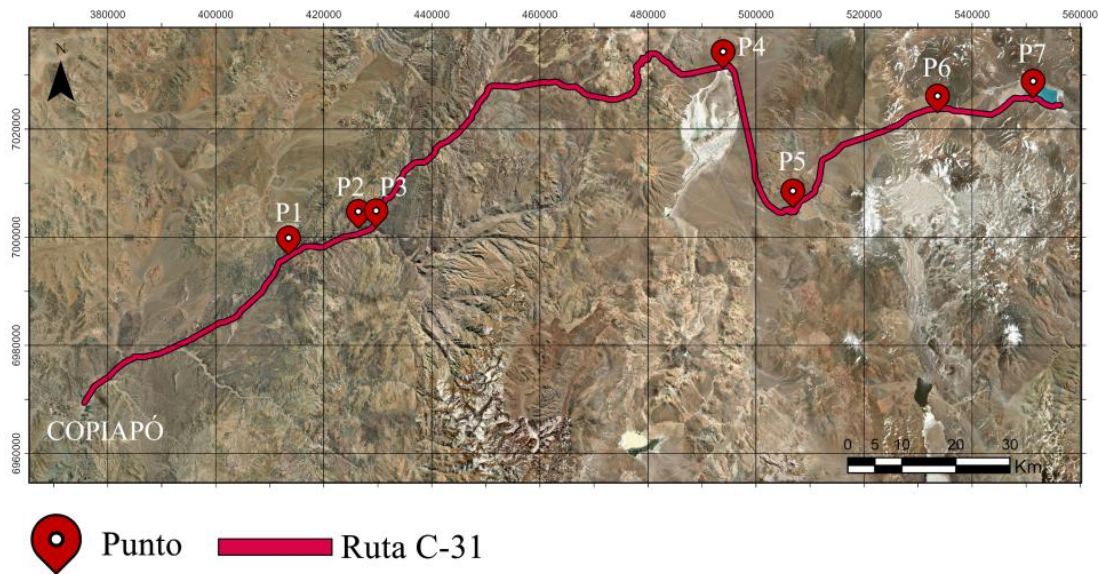


Figura 47: Mapa indicativo de la Ruta 1 (Donde los puntos representan las paradas en la ruta)

6.2 Ruta 2

Al igual que en la Ruta 1, por el camino CH-31 para llegar a nuestro primer punto, la Quebrada El Carbón, comenzamos en este punto debido a que para llegar al sitio requerimos de una caminata de alrededor de 1 hora para llegar a la zona, en donde nos encontraremos con la unidad de carbón que le da nombre al sitio, cuya importancia es principalmente histórica y paleontológica.

De vuelta en la ruta continuamos hasta llegar al desvío unos 15 km al Este, hacia el camino C-601, continuamos por este camino por aproximadamente 60 km hasta llegar a nuestra segunda parada (P2), la Laguna Santa Rosa, en donde podremos ver sus extensos depósitos salinos, su flora y fauna en uno de los Sitio Ramsar reconocidos en la región, esta laguna se encuentra alimentada por el salar de Maricunga y es prácticamente una extensión de este.

Continuando por unos 30 km por la ruta podremos observar el Volcán Copiapó (P3), no contemplamos la subida por el volcán sino un acercamiento panorámico debido a la dificultad del terreno y acceso.

Finalmente llegamos a nuestra última parada (P4), La Laguna del Negro Francisco, considerado también junto a la Laguna Santa Rosa y el río Lamas como parte de los sitios Ramsar, los únicos en la región como humedales de importancia mundial, en este sitio podremos admirar una vista del Volcán Azufre, al igual que los depósitos salinos de la laguna, y la ocasional aparición de fauna silvestre en la zona.

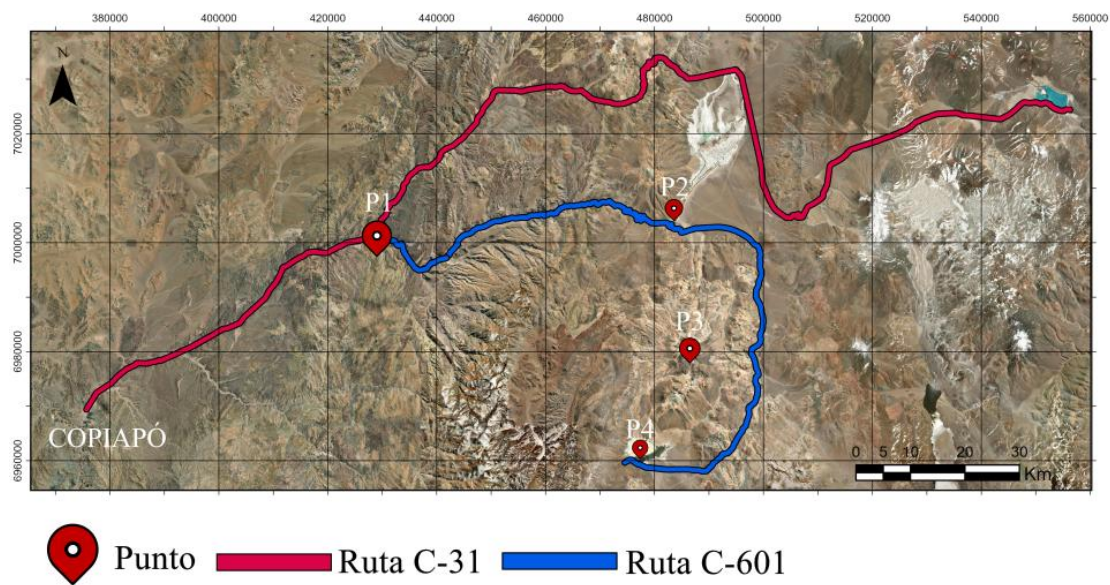


Figura 48: Mapa indicativo de la Ruta 2 (Donde los puntos representan las paradas en la ruta)

CAPÍTULO 7: DISCUSIÓN

7.1 Evaluación de los criterios asociados a las zonas urbanas propuestos por De Lima *et al.* (2010) para la zona cordillerana de la región de Atacama

A partir de los resultados obtenidos, se constata que los criterios propuestos por De Lima *et al.*, (2010) son consistentes y precisos para evaluar el potencial de uso educativo o turístico de un sitio. Sin embargo, algunos de estos criterios son mejor aplicados en un contexto territorial y poblacional específico, estos no se ajustan del todo a la realidad de nuestro país, y menos aún a la Zona Norte. Se hizo notar que se favorecen en gran medida los sitios ubicados a menos de 15 km de un alojamiento o un restaurante, así como a aquellos cuya densidad poblacional en un radio de 25 km supere 1,5 millones de habitantes. Esto resulta preocupante al considerar que en el norte del país la densidad poblacional, incluso en las comunas más pobladas, a menudo no supera las 300.000 personas, y en comunas menos pobladas puede ser inferior a 150.000 (INE, 2026). Sin embargo, y de forma casi contradictoria, la ubicación geográfica que por un lado perjudica el potencial de uso de los sitios, por el otro, favorece su conservación, evitando su sobreexposición, especialmente a aquellos sitios cuyas características geológicas son más susceptibles a la degradación por acción antrópica y requieren una vigilancia constante, como lo sería por ejemplo, la Quebrada La Cachivarita.

7.3 Propuesta metodológica alternativa para el Norte de Chile

A partir de lo expuesto en el análisis anterior, se sugieren algunas modificaciones. La propuesta no se centra en la cercanía de los LIGs a los núcleos urbanos, sino en incorporar la extensión territorial y la menor densidad poblacional. En la zona cordillerana de Atacama, los sitios se encuentran alejados de los núcleos urbanos. Además, la distancia entre sitios es considerablemente mayor y, con frecuencia, el mínimo supera los 30 km. En el norte de Chile, los núcleos urbanos también están más distanciados entre sí, muchas veces condicionados por factores físicos como el clima, la altitud, el relieve o la disponibilidad de agua. En

consecuencia, existe una menor cantidad de pueblos y ciudades conectados por caminos, en comparación con otras zonas de Chile, como la zona central o sur del país, donde, incluso si un sitio se encuentra más alejado de otro, por lo general estará cercano a un núcleo urbano.

Se propone disminuir el factor multiplicativo de algunos parámetros, con el fin de asignar a los LIGs seleccionados un valor acorde con la realidad de la zona norte del país y, en particular, con la cordillera de Atacama. Esta disminución se aplica a los criterios “Accesibilidad” y “Logística”. Asimismo, se propone eliminar los parámetros “Habitantes por superficie de 25 km” y “La Proximidad a las instalaciones recreativas”. Además, se propone aumentar el peso multiplicativo de parámetros como “Representatividad”, “Asociación con otros Valores”, “Calidad de la exposición” y “Potencial de uso educativo”.

Por último, se agrega un nuevo parámetro: “Reconocimiento de la Comunidad”. Al igual que en el trabajo realizado, los rangos de clasificación de cada tabla serán: bajo (100-200 puntos), medio (201-300 puntos) y alto (301-400 puntos). Para la selección de los LIGs, el puntaje final se calculará nuevamente a partir de la sumatoria de los Potenciales de Uso menos el Riesgo de Degradación. Los LIGs seleccionados serán aquellos que obtengan un puntaje igual o superior a 300 puntos en el Puntaje Final. Los resultados con las correcciones aplicadas podrán verse en los Anexos.

7.2 El problema con la geoconservación a nivel local

De los 12 Lugares de Interés Geológico (LIG) seleccionados, solo 5 sitios presentan un riesgo de degradación bajo, 6 se sitúan en un nivel medio. El único enclave con riesgo alto es el Salar de Maricunga, debido principalmente a la actividad extractiva de litio, un factor que amenaza directamente su integridad geológica y patrimonial.

El bajo riesgo en ciertos sectores se explica por su lejanía de los centros urbanos (a más de 15 km) y la baja densidad poblacional. No obstante, existe una vulnerabilidad crítica: la falta de protección oficial, el nulo control de acceso y la carencia de

infraestructura, incluso en zonas protegidas. En la actualidad, su preservación depende casi exclusivamente de su aislamiento geográfico.

Bajo este prisma, y como menciona Benado *et al.* (2018), la causa inferida del escaso desarrollo del geopatrimonio es la falta de políticas públicas de geoconservación y la limitada colaboración entre las instituciones encargadas de impulsar iniciativas en esta materia. En este trabajo se reconoce lo propuesto por Benado y se recalca la importancia de mantener una vigilancia constante de los sitios geográficamente más retirados, implementar infraestructura donde no exista, realizar un control periódico de los accesos, crear centros de acogida para guardaparques en el caso de la Laguna del Negro Francisco, y establecer un acceso controlado para la Laguna Verde.

CAPÍTULO 8: CONCLUSIÓN

En este trabajo se elaboró un inventario geopatrimonial que incluye 12 sitios, todos ubicados cerca de las carreteras CH-31 y C-601, con el objetivo de facilitar el acceso. Estos se seleccionaron en función de su importancia histórica, cultural y geológica, a partir de la información recopilada durante la realización de este estudio. Para cada sitio se elaboró una ficha descriptiva, en la que se identificaron nueve tipos de interés geológico: Criósferico, Geomorfológico, Paleontológico, Estratigráfico, Tectónico, Económico, Hidrogeológico, Vulcanológico e Histórico/Cultural. De los 12 sitios seleccionados, 8 presentan interés geomorfológico, 4 interés vulcanológico y, además, estos mismos presentan interés criosférico, 3 interés paleontológico y estratigráfico, 2 interés histórico/Cultural asociado a antiguos asentamientos humanos, 1 interés tectónico/Estructural y 3 interés económico e hidrogeológico. Al clasificarlos según su nivel de importancia, 4 sitios presentan interés internacional, 3 nacional, 2 regional y 3 local.

En relación con la metodología utilizada en este trabajo, se observó una notable devaluación de los sitios en su potencial de uso turístico y educativo, asociada principalmente a la distancia y a la dificultad inherente del terreno en la zona cordillerana. Por ello, en este caso particular se recomienda priorizar la riqueza geológica de cada sitio por sobre su ubicación o su distancia relativa a un núcleo urbano. Se considera aumentar el factor multiplicativo de la representatividad, la asociación con otros valores, la calidad de exposición y el potencial de uso educativo.

Se propone un itinerario de dos rutas como ejemplo de una visita geopatrimonial diaria por la cordillera de la comuna de Copiapó. Este itinerario está pensado principalmente para todo individuo con un vehículo liviano, no solo para las agencias geoturísticas.

Por último, se reconoce una clara falta de protección y conservación de los sitios, una notable carencia de infraestructura en los lugares seleccionados y un inexistente control de acceso, lo que pone en riesgo la permanencia de algunos sitios, especialmente aquellos cuyo valor geológico está determinado por su contenido fósil,

de fácil acceso y recolección. Se recomienda implementar barreras estructurales y puntos de control, así como zonas de descanso para el público e instalar señalética.

CAPÍTULO 9: REFERENCIAS

- Abad, M., Moisan, P., & Izquierdo, T. (2022). *Sitios de interés geológico del Valle del Copiapó. Geodiversidad, Geopatrimonio y Geoturismo*. Letra Capital Ediciones.
- Abad, M., Moisan, P., & Izquierdo, T. (2024). El Geoturismo en Atacama como herramienta de conservación. En *Biodiversidad Marina y Terrestre de la Región de Atacama* (pp. 333–336).
- Agüero-Contreras, F. C., Espinosa-Gutiérrez, L. A., Rojas-Consuegra, R., & Rodríguez-Rodríguez, R. R. (2022). Georrecursos, territorio e imperativo interdisciplinario. *Conrado*, 18(89), 412–422.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000600412
- Allendes Toro, M. (2017). *Geología, alteración y mineralización del prospecto Aquino, Copiapó, Región de Atacama* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/150296>
- Avaria, C., Donoso, Á., & Barrientos, C. (2012). Geomorfología y geopatrimonio del Mar de Dunas de Atacama, Copiapó (27° S), Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 123–136. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022012000300008>
- Barrios, L. L. T. (s.f.). *Inventario de sitios de geodiversidad y creación de rutas temáticas dirigidas a escolares y turistas de las comunas de Copiapó y Caldera, Región de Atacama*.
<https://www.researchgate.net/profile/LucianoTravella/publication/365873808>
- Bell, M. (1985). The Chinchas Formation: An early Carboniferous lacustrine succession in the Andes of northern Chile. *Revista Geológica de Chile*, 24.
- Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: A review. *Geoheritage*, 8, 119–134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Brilha, J., Gray, M., Pereira, D., & Pereira, P. (2018). Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. *Environmental Science & Policy*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.001>
- Bugueño Canales, F. I. (2023). *Análisis de la franja metalogénica de Maricunga, utilizando tomografía sísmica* [Tesis]. Universidad de Chile.
- Campos, O., Chirino-Galvez, L., Valencia, V., & Vergara, C. (2025). Geodiversity in the Laguna Santa Rosa, Nevado de Tres Cruces National Park, Atacama region, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 61, 144–164.
<https://doi.org/10.23854/07199562.2025613.vicencio>
- Carcavilla, L. (2014). Patrimonio geológico y geoturismo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(1), 5–18.

- Carcavilla, L., Delvene, G., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, Á., Lozano Otero, G., Rábano, I., Sánchez, A., & Vegas, J. (2014). *Geodiversidad y patrimonio geológico*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2922.9607>
- Carcavilla, L., Durán, J. J., & López-Martínez, J. (2008). Geodiversidad: Concepto y relación con el patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 10, 1299–1303.
- Carcavilla, L., Durán, J. J., García-Cortés, Á., & López-Martínez, J. (2009). Geological heritage and geoconservation in Spain: Past, present, and future. *Geoheritage*, 1, 75–91. <https://doi.org/10.1007/s12371-009-0006-9>
- Carcavilla, L., López-Martínez, J., & Durán, J. J. (2007). *Patrimonio geológico y geodiversidad: Investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Instituto Geológico y Minero de España.
- Castro, C., Marquardt, C., & Zúñiga, A. (2010). Peligros naturales en geosítios de interés patrimonial en la costa sur de Atacama. *Revista de Geografía Norte Grande*, 45, 21–39.
- Castro, C., Montaña, Á., Pattillo, C., & Zúñiga, Á. (2014). Detección del área con desierto florido en el territorio del Mar de Dunas de Atacama, mediante percepción remota. *Revista de Geografía Norte Grande*, (57), 103–121. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022014000100008>
- Castro, C., Pattillo, C., Rivera, J., & Zúñiga, Á. (2013). Valoración territorial del geopatrimonio de la zona costera del sur del Desierto de Atacama, Chile (27°S). *Investigaciones Geográficas: Una Mirada Desde el Sur*, (45), 51–72. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2013.27596>
- Cendrero, A. (1996). El patrimonio geológico: Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. En *El patrimonio geológico* (p. 19). Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.
- Charrier, R., Hérail, G., Pinto, L., García, M., Riquelme, R., Farías, M., & Muñoz, N. (2012). Cenozoic tectonic evolution in the Central Andes in northern Chile and west central Bolivia: Implications for paleogeographic, magmatic and mountain building evolution. *International Journal of Earth Sciences*, 1–30.
- Charrier, R., Muñoz, N. (1994). Jurassic–Cretaceous palaeogeographic evolution of the Chilean Andes at 23°–24°S latitude and 34°–35°S latitude: A comparative analysis. En K. J. Reutter, E. Scheuber, & P. J. Wigger (Eds.), *Tectonics of the Southern Central Andes*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77353-2_16
- Charrier, R., Pinto, L., & Rodríguez, M. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. *Geological Society Special Publication*, 21–114.
- Clark, A. H., Mortimer, C., & Sillitoe, R. H. (1997). Implications of the isotopic ages of ignimbrite flows, Southern Atacama Desert, Chile. *Nature*, 215(5102), 723–724.

Clavero, J., Mpodozis, C., Gardeweg, M., & Valenzuela, M. (2012). *Geología de las áreas Laguna Wheelwright y Paso San Francisco, Región de Atacama* (Mapas Geológicos N° 139–140). Servicio Nacional de Geología y Minería.

Contreras Castillo, J., & Moisan, P. (2024). Paleobotánica de la Quebrada El Carbón: nuevos hallazgos de flora fósil e interacciones insecto-planta para la Formación La Ternera, Región de Atacama, Chile.

<https://www.researchgate.net/publication/385137088>

Cornejo, P., Mpodozis, C., Ramírez, C. F., & Tomlinson, A. J. (1993). *Estudio geológico de la Región de Potrerillos y El Salvador, 26°–27° LS* (Informe Registrado IR-93-01). Servicio Nacional de Geología y Minería.

Cornejo, P., Mpodozis, C., & Tomlinson, A. J. (1998). *Hoja Salar de Maricunga, Región de Atacama* (Mapa Geológico N° 7, escala 1:100.000). Servicio Nacional de Geología y Minería.

Cornejo, P., Mpodozis, C., & Tomlinson, A. J. (1999). *Hoja Salar de Maricunga, Región de Atacama* (CD-ROM versión 1.0). Servicio Nacional de Geología y Minería.

Crofts, R., & Gordon, J. E. (2019). Geoconservación en áreas protegidas. En G. L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary, & I. Pulsford (Eds.), *Gobernanza y gestión de áreas protegidas* (pp. 565–606). Editorial Universidad El Bosque & ANU Press. <https://doi.org/10.22459/GGAP.2019.18>

Davison, J., & Mpodozis, C. (1978). *Geología de la Precordillera de Copiapó: Las nacientes quebradas de Paipote al oeste de Salar Maricunga* (Comunicación N° 23). Universidad de Chile, Departamento de Geología.

Díaz Rodríguez, K. (2020). *Geología del depósito IOCG La Higuera, Región de Coquimbo, Chile* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177596>

Dirección General de Aguas. (2025). *Boletín de información pluviométrica, pluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas* (N° 570). <https://dga.mop.gob.cl/uploads/sites/13/2025/01/Boletin-Hidrometrico-DGA-Octubre-2025.pdf>

Dirección Meteorológica de Chile. (2020). *Climatología Regional de Atacama*. Gobierno de Chile.

Dóniz, P. T., & Beltrán Yunes, A. N. N. (2018). Recursos geológicos, geodiversidad y medio ambiente. *Revista Investigaciones Geográficas*, 97, 1–21.

Dowling, R. K. (2014). Global geotourism – An emerging form of sustainable tourism. *Czech Journal of Tourism*, 2, 59–79.

- Drinia, H., Voudouris, P., & Antonarakou, A. (2023). Geoheritage and geotourism resources: Education, recreation, sustainability II. *Geosciences*, 13(11), 350. <https://doi.org/10.3390/geosciences13110350>
- Dudley, N. (Ed.). (2008). *Guidelines for applying protected area management categories*. IUCN.
- Durán, J. J., Brusi, D., Palli, L., López-Martínez, J., Palacio, J., & Vallejo, M. (1998). Geología ecológica, geodiversidad, geoconservación y patrimonio geológico: la Declaración de Girona. En J. J. Durán & M. Vallejo (Eds.), *Comunicaciones de la IV Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico* (pp. 67–72). Sociedad Geológica de España.
- Eberhard, R. (Ed.). (1997). *Pattern and process: Towards a regional approach to national estate assessment of geodiversity* (Technical Series No. 2). Australian Heritage Commission & Environment Forest Taskforce.
- Farías, M., Charrier, R., Carretier, S., Martinod, J., Fock, A., Campbell, D., Cáceres, J., Comte, D., & Hérail, G. (2010). Formation of the Altiplano–Puna plateau: A thermochronological perspective of the Andean orogeny. *Tectonophysics*, 495(1–2), 104–117.
- Farías, M., Charrier, R., Comte, D., Martinod, J., & Hérail, G. (2005). Mountain building and the definition of high topography in the Andes: The superposition of tectonic and climatic processes. *Tectonics*, 24(4), 1–22.
- Fuentes, F., Arenas, M., Mella, C., Pavez, C., & Gutiérrez, F. (2018). *Actualización del inventario nacional de glaciares de Chile*. Dirección General de Aguas.
- Gamonal, S. (2015). *Volcanic stratigraphy and epithermal mineralization of the La Coipa district, Maricunga belt, Chile* [Tesis de maestría, University of British Columbia]. <https://open.library.ubc.ca/collections/ubctheses/24/items/1.0135534>
- García, A. F. (1967). *Geología del Norte Grande de Chile*. Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- García-Cisneros, P., Medina, R., & Benayas, J. (2014). Geodiversidad y paisajes para potenciar el geoturismo en la Sierra Norte de Madrid. *Cuadernos de Turismo*, 33, 173–196.
- García-Cortés, A. (2008). *Patrimonio geológico y geodiversidad en España: Situación actual y perspectivas de futuro*. Instituto Geológico y Minero de España.
- García-Cortés, Á., Carcavilla, L., Dabrio, C. J., & González Delgado, J. Á. (2012). Patrimonio geológico y geodiversidad: Investigación, protección, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. *Boletín Geológico y Minero*, 123(4), 517–550.

García-Cortés, A., & Carcavilla, L. (2020). *Propuesta metodológica para la evaluación del patrimonio geológico mineralógico y minero-metalogenético*. Instituto Geológico y Minero de España.

García-Cortés, Á., Vegas, J., & Brusi, D. (2018). *Guía metodológica para la elaboración de inventarios de lugares de interés geológico*. Instituto Geológico y Minero de España.

Gardeweg, M., & Clavero, J. (2021). *Mapa geológico de Chile*. Servicio Nacional de Geología y Minería.

Gobierno Regional de Atacama. (2023). *Estrategia regional de desarrollo de Atacama 2023–2033*. Gobierno Regional de Atacama.

Goldberg, P., & Macphail, R. I. (2006). *Practical and theoretical geoarchaeology* (455 pp.). Blackwell Publishing.

Gordon, J. E. (2018). Geoheritage, geotourism and the cultural landscape: Enhancing the visitor experience and promoting geoconservation. *Geosciences*, 8, 136.

Gordon, J. E., & Barron, H. F. (2012). Valuing geodiversity and geoconservation: Developing a more strategic ecosystem approach. *Scottish Geographical Journal*, 128, 278–297.

Gray, M. (2004). *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons.

Gray, M. (2008). Geodiversity: Developing the paradigm. *Proceedings of the Geologists' Association*, 119.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016787808803070>

Gray, M., Gordon, J. E., & Brown, E. J. (2013). Geodiversity and the ecosystem approach: The contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. *Proceedings of the Geologists' Association*, 124(4), 659–673.

<https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2013.01.003>

Guillén Mondéjar, F., & del Ramo Jiménez, A. (Eds.). (2004). *El patrimonio geológico: Cultura, turismo y medio ambiente. Actas de la V Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España*. Universidad de Murcia.

Henao, A., & Osorio, J. (2011). *Propuesta metodológica para la identificación y clasificación del patrimonio geológico como herramienta de conservación y valoración ambiental* (14 pp.). Medellín.

Herbst, R., Melchor, R., & Troncoso, A. (1998). Las Pteridophyta y el paleoambiente de la parte media de la Formación La Ternera (Triásico Superior), en Quebrada La Cachivarita, III Región, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 25(1), 85–107.

<https://doi.org/10.4067/S0716-02081998000100007>

- Herrero, N., Díaz-Martínez, E., Gamuzas, M. M., Mondéjar, F., de Santisteban, C., Meléndez, G., Salazar, Á., & Mata, J. M. (2013). La geoconservación en las actividades de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Hervé, F., Faundez, V., Calderón, M., Massonne, H.-J., & Willner, A. (2007). Metamorphic and plutonic basement complexes. *Geological Society Special Publication*, 5–19.
- Hervé, F., Schilling, M., Calderón, M., Solari, M., & Mourgues, A. (2012). La difícil tarea de identificar y proteger el patrimonio geológico de Chile. En *XIII Congreso Geológico Chileno* (pp. 896–898).
- Hjort, J., Gordon, J. E., Gray, M., & Hunter, M. L. (2015). Why geodiversity matters in valuing nature's stage. *Conservation Biology*, 29, 630–639.
- Hose, T. A. (1995). Selling the story of Britain's stone. *Environmental Interpretation*, 10(2).
- Iriarte, S., Arévalo, C., Mpodozis, C., & Rivera, O. (1996). *Hoja Carrera Pinto, Región de Atacama* (Mapa Geológico N° 3, escala 1:100.000). Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Izquierdo, T., Cáceres, M., Soto, M., & Abad, M. (2024). Análisis de peligrosidad por flujos aluvionales del sitio geopatrimonial del pueblo minero de Puquios (desierto de Atacama, Chile). *Geotemas (Madrid)*, (20), 858–861.
- Jara, P., & Charrier, R. (2013). New stratigraphical and geochronological constraints for the Mezo-Cenozoic deposits in the High Andes of central Chile between 32° and 32°30'S: Structural and palaeogeographic implications. *Andean Geology*, 41(1), 174–209.
- Joyce, E. B. (2006). Geological heritage of Australia: Selecting the best for geosites and World Heritage, and telling the story for geotourism and geoparks. *ASEG Extended Abstracts*, 2006(1), 1–4. <https://doi.org/10.1071/ASEG2006ab078>
- Juliá, C., Montecinos, S., & Maldonado, A. (2008). Características climáticas de la Región de Atacama. En F. A. Squeo, G. Arancio, & J. R. Gutiérrez (Eds.), *Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama* (pp. 25–42). Ediciones Universidad de La Serena.
- Kay, S., Mpodozis, C., & Coira, B. (1999). Neogene magmatism, tectonism, and mineral deposits of the Central Andes (22° to 33° S latitude). <https://doi.org/10.5382/SP.07.02>
- Kiernan, K. (1996). *Conserving geodiversity and geoheritage: The conservation of glacial landforms*.
- Kiernan, K. (1997). *The conservation of landforms of coastal origin: Conserving Tasmania's geodiversity and geoheritage*. Forest Practices Board.

- Köppen, W. (1948). *Climatología*. Fondo de Cultura Económica.
- Kubalíková, L., Bajer, A., & Balková, M. (2021). Brief notes on geodiversity and geoheritage perception by the lay public. *Geosciences*, 11(2), 54. <https://doi.org/10.3390/geosciences11020054>
- Lima, F. F., Brilha, J. B., & Salamuni, E. (2010). Inventorying geological heritage in large territories: A methodological proposal applied to Brazil. *Geoheritage*, 2(3–4), 91–99.
- Manríquez Tirado, H., Mansilla Quiñones, P., & Moreira Muñoz, A. (2019). Hacia una conservación integrada del paisaje biogeocultural de Atacama. *Diálogo Andino*, (60), 141–152. <https://doi.org/10.4067/S0719-26812019000300141>
- Martínez, T., Valenzuela, D., Hevia, F., Silva, G., & Hervé, F. (2015). Estado actual de reconocimiento y distribución geográfica del Patrimonio Geológico Chileno. En *XIV Congreso Geológico Chileno* (pp. 4–8).
- Matthews, S. J., Cornejo, P., & Riquelme, R. (2006). *Carta Inca de Oro, Región de Atacama* (Escala 1:100.000). Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Mercado, M. (1982). *Hoja Laguna del Negro Francisco, Región de Atacama*. Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Mikhailenko, A. V., & Ruban, D. A. (2019). Geo-heritage specific visibility as an important parameter in geo-tourism resource evaluation. *Geosciences*, 9(4), 146. <https://doi.org/10.3390/geosciences9040146>
- Mourgues, F. A., Rubilar, A., & Gaete, N. (2009). Inventario preliminar de los componentes patrimoniales reconocidos en el área de Loanco, Región del Maule, Chile Central (35° S). En *XII Congreso Geológico Chileno* (pp. 22–26).
- Mourgues, F. A., Schilling, M., & Castro, C. (2012). Propuesta de definición de los contextos geológicos chilenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional. En *XIII Congreso Geológico Chileno* (pp. 890–892).
- Mpodozis, C., & Allmendinger, R. (1992). Extensión cretácica a gran escala en el Norte de Chile (Puquios–Sierra Fraga, 27° S): Significado para la evolución tectónica andina. *Revista Geológica de Chile*, 19(2), 167–197.
- Mpodozis, C., Cornejo, P., Kay, S., & Tittler, A. (1995). La Franja de Maricunga: Síntesis de la evolución del frente volcánico Oligoceno-Mioceno de la zona sur de los Andes Centrales. *Revista Geológica de Chile*, 22(2), 273–313.
- Mpodozis, C., Gamonal, S., Bissig, T., & Ramos, I. (2024). Oligocene to Miocene magmatic and hydrothermal evolution in the Maricunga belt (Región de Copiapó, Chile): A new look to a long known metallogenic belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 141, 104901.

- Mpodozis, C., Iriarte, S., Gardeweg, M., & Valenzuela, M. (2012). *Carta Laguna del Negro Francisco, Región de Atacama* (Serie Geología Básica, 145, escala 1:100.000). Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Mpodozis, C., & Ramos, V. A. (2008). Jurassic tectonics in Argentina and Chile: Extension, oblique subduction, rifting, drift and collisions. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 63(4), 481–497.
- Nagy, B., Ignéczi, Á., Kovács, J., Szalai, Z., & Mari, L. (2019). Medidas de temperatura del suelo poco profundo en el volcán más alto de la Tierra, Monte Ojos del Salado, Andes áridos, Chile. *Permafrost and Periglacial Processes*, 30(1), 3–18. <https://doi.org/10.1002/ppp.1989>
- Nieto, L. M. (2001). Geodiversidad: Propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, 112(2), 3–11.
- Nieto, L. M. (2002). Patrimonio geológico, cultura y turismo. *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 182, 109–122.
- Oliveros, V., Vásquez, P., Creixell, C., Lucassen, F., Ducea, M. N., Ciocca, I., & Kasemann, S. A. (2020). Lithospheric evolution of the Pre- and Early Andean convergent margin, Chile. *Gondwana Research*, 80, 202–227.
- Oviedo, L., Fuster, N., Tschischow, N., Ribba, L., Zuccone, A., Grez, E., & Aguilar, A. (1991). General geology of La Coipa precious metal deposit, Atacama, Chile. *Economic Geology*, 86(6), 1287–1300.
- Palacio Prieto, J. L. (Coord.). (2016). *Patrimonio geológico y su conservación en América Latina: Situación y perspectivas nacionales*. UNAM, Instituto de Geografía.
- Parada Velásquez, F. N. (2013). *Geoquímica de las rocas ígneas del Carbonífero-Triásico de la Alta Cordillera, Región de Atacama, Chile* [Tesis]. Universidad de Chile.
- Partarrieu, D. (2013). *Inventario de geositos en la comuna de Lonquimay para la creación del Geoparque Kütralkura* [Memoria de Título, Universidad de Chile].
- Paulina Fuentes, P., Fernández, C., Díaz-Alvarado, J., & Díaz-Azpiroz, M. (2019). Using 3D kinematic models in subduction channels: The case of the Chañaral tectonic mélange, Coastal Cordillera, northern Chile. *Gondwana Research*, 74, 251–270. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2018.12.009>
- Pérez, E., & Reyes, R. (1985). Presencia de *Linotrigonia* van Hoepen (Bivalvia: Trigoniidae) en el Kimmeridgiano del norte de Chile. *Revista Geológica de Chile*, 25–26, 135–143.
- Pérez, E., & Reyes, R. (1986). Presencia de *Buchotrigonia* (*Syrotrigonia*) Cox, 1952 (Bivalvia: Trigoniidae) en Sudamérica y descripción de dos nuevas especies. *Revista Geológica de Chile*, 28–29, 77–93.

- Ruban, D. A., & Yashalova, N. N. (2024). Scientific utility of selected Latin American global geoparks: A literature-based case study. *Geosciences*, 14(5), 128. <https://doi.org/10.3390/geosciences14050128>
- Rubilar, A. (2008). Paleontología, patrimonio paleontológico y sus vínculos con la biología y geología. En *Actas del I Simposio de Paleontología en Chile* (pp. 3–8).
- Sánchez, F. R. (2018). Análisis estructural y petrográfico de "El Caos de Puquios" y su relación con la tectónica extensional mesozoica. En *Congreso Geológico Chileno*.
- Segerstrom, K. (1968). *Geología de las hojas Copiapó y Ojos del Salado, Provincia de Atacama* (Boletín 24). Instituto de Investigaciones Geológicas.
- Sepúlveda, P., & Naranjo, J. A. (1982). *Hoja Carrera Pinto, Región de Atacama* (Carta Geológica de Chile N° 53, escala 1:100.000). Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Sharples, C. (1993). *A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes*. Tasmania Department of Parks.
- Sharples, C. (2002). *Concepts and principles of geoconservation*. Tasmanian Parks & Wildlife Service.
- Somoza, R., & Tomlinson, A. (2002). Paleomagnetism in the Precordillera of northern Chile (22°30'S): Implications for the history of tectonic rotations in the Central Andes. *Earth and Planetary Science Letters*, 194, 369–381. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00548-9](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00548-9)
- Stanley, M. (2004). Geodiversity – Linking people, landscapes and their culture. En *Natural and Cultural Landscapes – The Geological Foundation* (pp. 45–52).
- Tassara, A. (1997). *Geología del Salar de Maricunga, Región de Atacama* (Informe Registrado IR-97-10, 33 p., 1 mapa escala 1:50.000). Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Vegas, J., Alberruche, E., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, Á., García de Domingo, A., & Ponce de León, D. (2013). *Guía metodológica para la integración del patrimonio geológico en la evaluación de impacto ambiental*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente & IGME.
- Vila, T. (1991). *Mineralización y alteración del distrito La Coipa, III Región, Atacama, Chile* [Tesis]. Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- Villalobos, M. (2001). Estrategias en la protección del patrimonio geológico andaluz. *Medio Ambiente*, 37, 36–39.
- Villalobos Megía, M., Braga Alarcón, J., Guirado Romero, J., & Pérez Muñoz, A. (2004). El inventario andaluz de georrecursos culturales: criterios de valoración. *De Re Metallica*, 3, 9–22.

- Voigt, S., Moisan, P., Sánchez, G., Vargas, E., & Olivares, H. (2025). Tetrapod tracks and other trace fossils from the Chinchas Formation (Andean Precordillera, northern Chile): Indication for Pennsylvanian age and glacial influence. *Journal of South American Earth Sciences*, 105804.
- Volosky, D., Moisan, P., Lara, M. B., Schneider, J. W., Scholze, F., Espinoza, M., & Frenzel, P. (2025). A Late Triassic biota from a rift-lake system in southwestern Gondwana (Atacama Desert, Northern Chile). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 113328.
- Warwel, A., Lange, D., Dannowski, A., Contreras-Reyes, E., Klaucke, I., Diaz-Naveas, J., et al. (2025). Seismic structure and tectonics of the north-central Chilean subduction zone along the Copiapó Ridge from amphibious seismic refraction tomography and local seismicity. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 26. <https://doi.org/10.1029/2024GC011829>
- Wimbledon, W. A. P., Ishchenko, A. A., Gerasimenko, N., Karis, L. O., Suominen, V., Johansson, C. E., & Freden, C. (2000). Geosites – An IUGS initiative: Science supported by conservation. En *Geological Heritage: Its Conservation and Management* (pp. 69–94).

CAPÍTULO 10: ANEXOS

ANEXO A – Declaración Fundacional de la Red de Geoparques Mundiales de América Latina y El Caribe



DECLARATORIA FUNDACIONAL DE LA RED DE GEOPARQUES MUNDIALES DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE

DECLARAÇÃO FUNDADORA DA REDE DE GEOPARQUES MUNDIAIS DA AMERICA LATINA E DO CARIBE

ANTECEDENTES

En las declaraciones derivadas de la I Conferencia Latinoamericana y del Caribe de Geoparques celebrada en Barbalha, Araripe Geopark Mundial de la UNESCO, Brasil (2010) y del I Simposio de Geoparques celebrado en Arequipa, Perú (2015), así como del Taller Geopatrimonio y Geoparques en América Latina celebrado en la Ciudad de México, México (2015), los Geoparques Mundiales de la UNESCO y proyectos de geoparque en la región manifestaron su interés en conformar la Red de Geoparques Mundiales de América Latina y el Caribe, enmarcada en la Red Mundial de Geoparques (GGN) de acuerdo con sus estatutos, que refieren la conveniencia de conformar redes regionales.

Nas declarações resultantes da I Conferência Latinoamericana e do Caribe de Geoparques celebrada em Barbalha, Araripe Geopark Mundial da UNESCO, Brasil (2010) e do I Simpósio de Geoparques celebrado em Arequipa, Perú (2015), bem como do workshop Geopatrimônio e Geoparques na América Latina celebrado na Cidade do México, México (2015), os Geoparques Mundiais da UNESCO e projectos de geoparque na região manifestaram a sua vontade para a constituir a Rede de Geoparques Mundiais da América Latina e do Caribe dentro da Rede Global de Geoparques (GGN), com base no seus estatutos, que consideram a importância da constituição de redes regionais.

CONSIDERANDO

1. Que los geoparques representan una estrategia de desarrollo territorial sostenible impulsada y reconocida por la UNESCO a través del Programa Internacional de Geociencias y Geoparques (IGGP).
2. Que los geoparques poseen un patrimonio geológico de valor internacional que guarda una estrecha relación con la biodiversidad, con los elementos culturales del territorio y con las personas, sus identidades y particularmente con los pueblos indígenas.
3. Que los Estatutos del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques (PICGG) aprobado en la 38ª Conferencia General de UNESCO, "alienta el fortalecimiento de las redes regionales de geoparques y de la GGN", estableciendo a su vez que "la Organización seguirá ofreciendo su apoyo y asistencia a esas redes, coordinará la creación de capacidades para los geoparques mundiales de la UNESCO y alentará el intercambio de mejores prácticas entre ellos".

4. Que en América Latina y el Caribe existen condiciones geológicas, naturales, sociales y culturales excepcionales para impulsar la creación de geoparques, teniendo como fin la conservación de los patrimonios, la educación y el desarrollo y bienestar de las comunidades locales, principalmente a través del geoturismo;
5. Que en América Latina y el Caribe existen cuatro Geoparques Mundiales de la UNESCO integrantes de la Red Mundial de Geoparques, varios Geoparques Aspirantes y proyectos de geoparque con diferentes grados de desarrollo, que son muestra del interés creciente encaminado a la creación de geoparques en esta región continental.

CONSIDERANDO

1. Que os geoparques representam uma estratégia de desenvolvimento territorial sustentável promovida e reconhecida pela UNESCO através do Programa Internacional de Geociências e Geoparques;
2. Que os geoparques possuem um patrimônio geológico com relevância internacional com forte relação com a biodiversidade, os elementos culturais do território e com as pessoas, as suas identidades e particularmente os povos indígenas;
3. Que os Estatutos do Programa Internacional de Geociências e Geoparques (PICGG) aprovado durante a 38ª Conferência Geral da UNESCO, "apoia o fortalecimento das redes regionais de Geoparques e da GGN", estabelecendo por sua vez que a "a Organização continuará a oferecer o seu apoio e assistência a essas redes, coordenará a capacitação para os Geoparques Mundiais da UNESCO e apoiará o intercâmbio de boas práticas entre eles".
4. Que na América Latina e no Caribe existem condições geológicas, naturais, sociais e culturais excepcionais para impulsionar a criação de geoparques, tendo como objectivo a conservação dos patrimónios, a educação e o desenvolvimento e o bem estar das comunidades locais, principalmente através do geoturismo;
5. Que na América Latina e no Caribe existem quatro Geoparques Mundiais da UNESCO que pertencem à Rede Global de Geoparques, vários Geoparques Aspirantes e projetos de geoparques em diferentes estágios de desenvolvimento, que são evidência do crescente interesse na criação de geoparques nesta região continental.

Los abajo firmantes acordamos:

1. Crear la Red de Geoparques Mundiales de América Latina y el Caribe;
2. Llevar a cabo, en un plazo no mayor a 3 meses, la redacción de sus estatutos a los efectos de ser presentados ante la Red Mundial de Geoparques para su aprobación definitiva.
3. Presentar dichos estatutos en la 1ª reunión oficial de la Red de Geoparques Mundiales de América Latina y el Caribe, que tendrá lugar en México en noviembre del corriente año, donde se definirán las responsabilidades y competencias de los miembros. Además se definirán los próximos encuentros de la Red, acordando que Araripe Geoparque Mundial de la UNESCO, Brasil, será sede del año 2018.

Dado en la Ciudad de Chivay, Perú, a los 26 días del mes de mayo de 2017, en ocasión del IV Simposio Latinoamericano y del Caribe sobre Geoparques.

Os abaixo assinados combinamos:

1. Criar a Rede de Geoparques Mundiais da América Latina e do Caribe;
2. Realizar, num prazo de até 3 meses, a redação dos seus estatutos para serem apresentados à Rede Global de Geoparques para sua aprovação definitiva;
3. Apresentar os estatutos na 1ª reunião oficial da Rede de Geoparques Mundiais da América Latina e do Caribe, que terá sede no México em Novembro de 2017, onde estarão definidas as responsabilidades e competências dos seus membros. Além disso, serão definidas as próximas reuniões da Rede, sendo de comum acordo que o Araripe Geoparque Mundial da UNESCO, Brasil, sediará o evento no ano 2018.

Cidade de Chivay, Perú, aos 26 de maio de 2017, por ocasião do IV Simpósio Latinoamericano e do Caribe sobre Geoparques.

Miembros fundadores / Membor fundacionais

Araripe Geoparque Mundial da UNESCO, Brasil	Grutas del Palacio Geoparque Mundial de la UNESCO, Uruguay
Comarca Minera Geoparque Mundial de la UNESCO, México	Mixteca Alta Geoparque Mundial de la UNESCO, México

Testigos Institucionales / Testemunhas institucionais

Patrick McKeever Programa Internacional de Geociencias y Geoparques de la UNESCO	Guy Martini Secretario General de la Red Global de Geoparques
---	--

Geoparques aspirantes y proyectos de América Latina y Caribe

Geoparques aspirantes e projetos da América Latina e do Caribe

Nombre\Nome	Geoparque aspirante/Proyecto
James Posso	Geoparque Aspirante Colca y Volcanes de Andagua – Perú
Mónica Bueno	Proyecto Geoparque Río Coco – Nicaragua.
Enrique Castellanos	Proyecto Geoparque de Cuba – Cuba.
Federico Torre	Proyecto Geoparque Pillán Mahuiza, San Martín de los Andes – Argentina.
Eliodoro Uriona Pardo	Proyecto Geoparque Toro Toro – Bolivia
Juliana Zuluaga	Proyecto Geoparque Volcánico del Ruiz – Colombia
María Gabriela Jaramillo	Proyecto Geoparque Imbabura – Ecuador
Enrique Mayorga	Proyecto Geoparque Volcán Tungurahua – Ecuador
José Luis Sánchez	Proyecto Geoparque Napo Sumaco – Ecuador
Francesc Xavier Ferraro	Proyecto Geoparque Minero Litoral del BioBío – Chile.
Bilberto Zavala	Proyecto Geoparque Huayllay Pasco – Perú

Testigos invitados

Testemunhas convidadas

Nombre\Nome	Institucion\Instituição
-------------	-------------------------

Anexo B – TABLA DE VALORACIÓN FINAL (VALORES CORREGIDOS).

N°	LIGs	Potencial de Uso Educativo	Potencial de Uso Turistico	Riesgo de Degradacion
1	Caos de Puquios	335	275	195
2	Quebrada Las Cachivaritas	305	210	265
4	La Puerta	280	250	225
5	Salar de Maricunga	295	260	315
6	Rio Lamas	240	260	170
7	Laguna Verde	375	325	260
3	Quebrada el Carbón	255	235	265
12	Laguna del Negro Francisco	330	280	260
10	Laguna Santa Rosa	340	295	235
9	Volcán Nevado Tres Cruces	315	285	120
8	Volcán Ojos del Salado	325	295	120
11	Volcán Copiapó y Azufre	295	245	120