PROYECTO
GEOPARQUE
CAJÓN DEL MAIPO

GEODIVERSIDAD, PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEOSITIOS DEL CAJÓN DEL MAIPO

LA CAPITAL GEOLÓGICA DE CHILE

P R O Y E C T O

GEOPARQUE
CAJÓN DEL MAIPO

Este trabajo ha sido realizado por *Marmolejo* con el apoyo de
Parque Educativo Likandes y *la Ilustre Municipalidad de San José de Maipo*

FUNDACIÓN DESARROLLO SOSTENIBLE CAJÓN DEL MAIPO

FUNDACIÓN CASERTA

SAN JOSÉ DE MAIPO ILUSTRE MUNICIPALIDAD

Patrocina:

UNESCO
Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Comisión Nacional Chilena de Cooperación con UNESCO

Coordinador de Proyecto
Camilo Vergara

Equipo técnico
Cristóbal Estay, *documentación y textos*
Marcos Contreras, *geología y cartografía*
Anthony Prior, *textos*
Victor Godoy, *geología*
Jorge Zapata, *documentación e ilustraciones*

Diseño y diagramación
lableSS estudio de diseño
lableSS.cl

Fotografías
Cristóbal Estay - Jorge Zapata
Marcos Contreras - Camilo Vergara
Roberto Aedo - Francisco Gutiérrez
Cristóbal Bayer - Diego Astorga
Sergio Fuentes - Franco Buglio

Revisión
Daniel Henríquez
Gabriela Mancilla
Gabriela Guzmán
Eduardo Katz

Colaboradores
Dr. Francisco Gutiérrez
Dr. Alejandro Sánchez
Arturo Carrasco
Beatriz Bustos
Sergio Lazo

Índice

1 **Presentación**

8 **1. Antecedentes**
9 1.1 El patrimonio geológico y la geodiversidad
10 1.2 Los Geoparques Mundiales de la UNESCO
11 1.3 El patrimonio geológico y la geoconservación en Chile
11 1.4 San José de Maipo, la Capital Geológica de Chile
13 1.5 Los Geoparques y el Desarrollo Sostenible

16 **2. Síntesis geológica**
17 2.1 La cordillera de Los Andes
18 2.2 Historia geológica
25 2.3 La geodiversidad del Cajón del Maipo
26 2.4 Áreas temáticas

30 **3. Metodología de trabajo**
31 3.1 Objetivo general
31 3.2 Etapas de elaboración del inventario

42 **4. Inventario de Geositios del proyecto Geoparque Cajón del Maipo**
47 4.1 Zona 1: Valle del río Maipo - Zona Baja
63 4.2 Zona 2: Valle del río Colorado
72 4.3 Zona 3: Valle del río Yeso
89 4.4 Zona 4: Valle del río Volcán
125 4.5 Zona 5: Valle del río Maipo - Zona Alta

138 **5. Análisis del inventario**
141 5.1 Distribución geográfica
142 5.2 Áreas temáticas
145 5.3 Valor científico
147 5.4 Potencial Turístico
149 5.5 Potencial Educativo
151 5.6 Riesgo de Degradación
153 5.7 Resumen y conclusiones

155 Glosario
159 Bibliografía y referencias
163 Agradecimientos

Presentación

La comuna de San José de Maipo, indiscutible y principal destino turístico de la Región Metropolitana de Chile, posee características territoriales que favorecen la expresión de una inmensa biodiversidad y geodiversidad, de dimensión muchas veces desconocida. Este territorio se ubica en plena cordillera de Los Andes, formando parte de este imponente cordón montañoso que posee gran interés para el estudio de la evolución de la Tierra y de sus condiciones geológicas excepcionales.

Para numerosas casas de estudio y profesionales de las ciencias de la Tierra, el Cajón del Maipo se trata de un verdadero laboratorio a cielo abierto, escenario de importantes procesos geológicos singulares que durante millones de años han determinado su actual morfología. Esto también se suma a su particular biodiversidad y a un patrimonio arqueológico, cultural e histórico de incalculable valor.

El creciente interés mundial por el estudio de la geodiversidad y el patrimonio geológico de la Tierra se ha expresado en Chile mediante la realización de diversas iniciativas de investigación, principalmente enfocadas a la identificación y valoración de sitios de interés geológico, a los que se suman los recientes proyectos desarrollados en territorios que ya son aspirantes a ser reconocidos como Geoparques Mundiales de la UNESCO en distintos lugares del país. Más aun, este 2019 se ha reconocido el primer Geoparque Mundial de la UNESCO en Chile: Kütralkura, en la región de la Araucanía.

En San José de Maipo, a pesar de la existencia de un gran número de investigaciones geológicas desde los tiempos de Charles Darwin e Ignacio Domeyko a la fecha, los estudios dedicados específicamente a su patrimonio geológico y su geodiversidad son escasos e insuficientes dada su importante relevancia regional e internacional. Debido al alto valor del patrimonio geológico de la comuna, la Sociedad Geológica de Chile ya ha reconocido cinco Geositios de la comuna en su inventario Nacional de Geositios, producto del trabajo del geólogo José Benado en 2013, constituyendo el único antecedente de este tipo existente en el área.

En el contexto señalado, tras la declaración de San José de Maipo como la Capital Geológica de Chile en Julio de 2018, y en el marco del Proyecto Geoparque Cajón del Maipo, resulta de alta importancia profundizar y ampliar estos conocimientos mediante la elaboración de un inventario actualizado de geositios del territorio, que identifique aquellos lugares de relevancia geológica, los caracterice y evalúe de forma sistemática, conforme a las metodologías generalmente utilizadas y aceptadas por la comunidad científica nacional e internacional.

El presente documento corresponde al resultado de un trabajo de levantamiento de información, enfocado en la elaboración del Inventario de Geositios del Cajón del Maipo, confeccionado por el equipo de la *Fundación de Desarrollo Sostenible Cajón del Maipo* para el Proyecto Geoparque Cajón del Maipo, con el apoyo de *Fundación Caserta* y de la *Ilustre Municipalidad de San José de Maipo*.

Prólogos

País de Montañas.

Quiero partir saludando a este libro como un homenaje a nuestra Cordillera. El 64% del territorio chileno lo ocupan las montañas. Los Andes cobija nuestros límites identitarios, alberga nuestra riqueza hídrica, ecosistemas capaces de enfrentar condiciones extremas, y también son reflejo de la historia de cambios que han esculpido sus quebradas y generado las condiciones para la vida y el desarrollo de la región y el país.

En los años que llevamos como Fundación Caserta promoviendo una educación integral, estamos ciertos que la Naturaleza es tanto objetivo de aprendizaje como espacio que favorece nuevas formas de relacionarnos para enfrentar los desafíos de sustentabilidad, que se hacen cada vez más urgentes. En esa búsqueda, nos encontramos con el estero San José que fue uno de los primeros en abastecer de agua a la capital comunal y también con el mítico cerro Likán, e instalamos ahí la Reserva Elemental Likandes, como espacio de conservación, ciencia y educación.

Por ello, no dudamos ni un ápice en apoyar, desde el primer minuto, la idea de un grupo de jóvenes geólogos cajoninos, de un alcalde y otros actores locales, de relevar el valor de la geodiversidad de San José de Maipo. Somos testigos de la gama de maravillas paisajísticas, que tienen su origen en el contexto geológico, en el que se encuentra una gran biodiversidad, endemismo y la existencia de áreas protegidas por estos mismos valores, como los santuarios de la naturaleza, los parques y el Monumento Natural El Morado. Todas características necesarias para ser reconocido internacionalmente, como un Geoparque Mundial de la UNESCO.

No me queda más que agradecer la colaboración de distintos equipos y profesionales de la Fundación de Desarrollo Sostenible, Caserta, Likandes, el Municipio y la Corporación Municipal de Educación y Salud, por la manera activa, rigurosa y continua con la que se presenta este reconocimiento a 40 hitos geológicos de nuestro territorio.

Para otras fundaciones, empresarios, actores locales, tomen esto como una invitación a sumarse a un desarrollo sostenible que ponga en valor la Cordillera, sobre todo, en esta comuna que ocupa un tercio de la superficie regional, con toda la esperanza de poder llegar a ser guardianes de nuestro patrimonio natural y geológico, y con ello, de nosotros mismos.

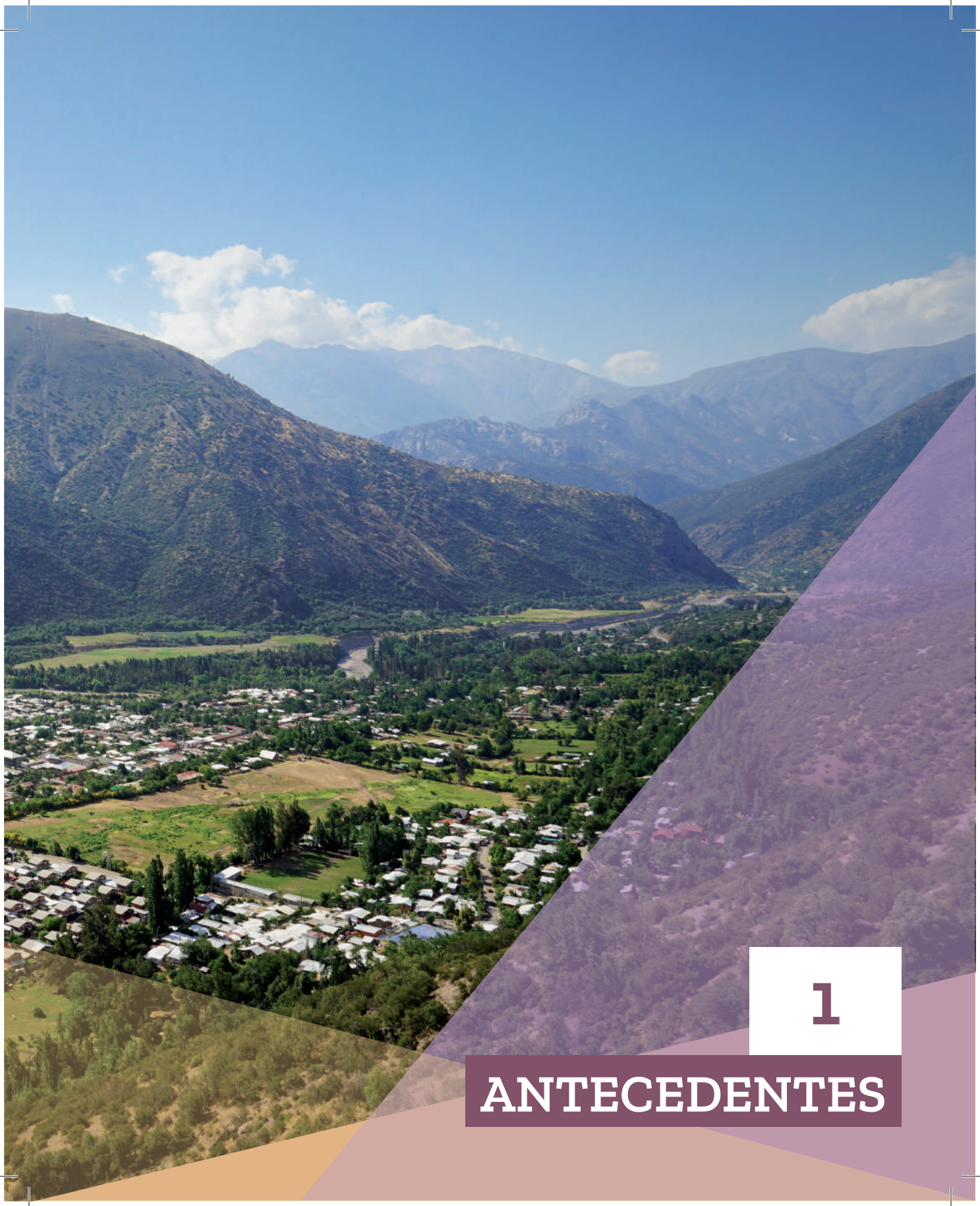
Francisca Cortés Solari
Presidenta Ejecutiva
Fundación Caserta

El trabajo mancomunado para conseguir el reconocimiento de UNESCO como "Geoparque Mundial" nos ha regalado la gran y enriquecedora posibilidad de dialogar y trabajar fraternalmente con la mirada puesta en un enaltecedor y altruista objetivo, cual es entregar valor, apoyado por las ciencias, mediante un proceso pedagógico de anclaje y constructivista enfocado en una primera instancia en toda la sociedad cajonina, quienes a la luz de un proceso formativo con elementos que ya residían ancestralmente como conocimientos transmitidos, elevan o relevan su territorio entregándole la calidad de PATRIMONIO.

Titánicos accidentes geológicos dieron paso a colosales formaciones morfológicas de belleza sublime, valles accidentados de colores magnéticos que sólo el pintor celestial pudo lograr ... Así es la profunda e inmensa belleza del vasto territorio de San José de Maipo enclavado en el corazón de la majestuosa Cordillera de Los Andes.

Hoy, el trabajo que a continuación se presenta, constituye un acto de elevadísima importancia puesto que una vez leído o consultado, nos entrega una nueva oportunidad de "mirar con sentido" nuestro territorio, nos invita a la contemplación de un escenario privilegiado que sólo la luz que entrega el conocimiento permite reconocer, aceptar y legar como PATRIMONIO.

Luis Hernán Pezoa Álvarez
Alcalde
Ilustre Municipalidad San José de Maipo



1

ANTECEDENTES

1.1

El Patrimonio Geológico y la Geodiversidad

El estudio de la geodiversidad y del patrimonio geológico figura entre las áreas de investigación más recientemente incorporadas al ámbito de las ciencias de la Tierra. En los últimos años ha experimentado un notable impulso, debido a la cada vez mayor conciencia que posee la sociedad respecto a su entorno. En la actualidad la protección del medio ambiente y la promoción de un desarrollo sostenible ha avanzado paulatinamente a ser considerado un derecho, una necesidad y un deber, permitiendo al mismo tiempo el avance de iniciativas que apuntan hacia la protección de la geodiversidad y el patrimonio geológico (Carcavilla, 2014; Carcavilla et al., 2014).

La geodiversidad se refiere a la diversidad de elementos geológicos que son el resultado de los procesos y acontecimientos que han tenido lugar a lo largo de la historia del planeta Tierra. Esta diversidad puede estar compuesta de rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve, formaciones geológicas, paisajes, entre muchas otras (Carcavilla et al., 2014).

El estudio de la geodiversidad, además de analizar la variedad de elementos geológicos existentes, también busca avanzar en la comprensión de la relación que presentan entre ellos, permitiendo armar líneas de tiempo o "puzzles" que explican la historia natural de una zona. La geodiversidad además tiene relación con otros aspectos como la geografía, el paisaje, las características climáticas, e incluso condiciona en gran medida la biodiversidad y la cultura de los territorios. Avanzar en el análisis de estas relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas puede ayudar a gestionar de una manera más eficaz el patrimonio natural (Carcavilla et al., 2014; Chinchay, 2011).

Por otro lado, el patrimonio geológico se refiere a todos los elementos geológicos que poseen una especial singularidad debido, fundamentalmente, a su interés científico y/o didáctico. El patrimonio geológico forma parte del patrimonio natural e incluye formas y estructuras originadas por cualquier proceso geológico (Carcavilla, 2014). Se trata de aquellos elementos tales como formaciones y estructuras geológicas, paisajes geomorfológicos, yacimientos paleontológicos, entre otros, que poseen un valor significativo para reconocer, estudiar e interpretar la historia geológica de una determinada región o territorio (Ridao, Águila, Bernabé, & Pérez, 2015).

A pesar de la definición tradicional que apunta principalmente a su interés científico y didáctico, el patrimonio geológico puede tener un valor estético y cultural que también justifica su uso necesario por parte de la sociedad en general (Brilha, 2016). Desde la década de los 90's este patrimonio ha comenzado a ser observado como un nuevo recurso de interés socioeconómico para la aplicación de estrategias de desarrollo sostenible sobre los territorios, adaptándose a los nuevos marcos de planificación estratégica en materia de desarrollo rural y medio ambiente. Se introduce la posibilidad de la utilización del patrimonio geológico como motor de desarrollo socioeconómico sostenible de aquellos lugares en los que está presente (Ridao et al., 2015).

En resumen, la geodiversidad se refiere a la variedad de elementos, mientras que el patrimonio geológico se refiere al valor de estos. Así, puede haber lugares poco diversos, pero con gran valor geológico, o viceversa. Esto explica que cuando se habla de gestión y conservación, se suele hacer referencia al patrimonio geológico y no a la geodiversidad: nuestro esfuerzo debe ir dirigido a la conservación del patrimonio geológico, que deberá ser representativo de la geodiversidad del territorio (Carcavilla et al., 2014).

Figura 1: Distribución de los 140 Geoparques Mundiales reconocidos por la UNESCO hasta el año 2018, los que se ubicaban en 38 países, principalmente en Europa y Asia. En este mapa aún no se incluyen los siete nuevos Geoparques reconocidos en 2019, tres de los cuales están en Sudamérica (Global Geoparks Network, 2018).

1.2

Los Geoparques mundiales de la UNESCO (GMU)

La preocupación de preservar el patrimonio geológico, sobre todo por parte de investigadores y científicos en primera instancia, motivó la aparición del término "Geoparque" a principios de la década de los noventa del siglo pasado (Pablos, 2015). En el año 2000 cuatro territorios de distintos países europeos fundaron en conjunto la Red Europea de Geoparques, fomentando la creación de esta figura como herramienta para la protección y, en general, para la divulgación del conocimiento de las ciencias de la Tierra (Zouros & Valiakos, 2010).

Hacia el año 2004 esta red firma un acuerdo con UNESCO, donde asume la responsabilidad de regular el ingreso de los Geoparques europeos a la Red Global de Geoparques (GGN por sus siglas en inglés), nueva figura fomentada por UNESCO. Así, actualmente la GGN es una red muy amplia, compuesta por 147 Geoparques oficialmente reconocidos y distribuidos en 41 países alrededor del mundo (figura 1). En parte gracias a esto, conceptos como patrimonio geológico y otros asociados son cada vez más extendidos y utilizados en el mundo por profesionales de distintas disciplinas (Carcavilla et al., 2014).

Los Geoparques Mundiales de la UNESCO son áreas geográficas únicas y unificadas, en las que se gestionan sitios y paisajes de importancia geológica internacional, con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible (UNESCO, 2017a). Los geoparques se rigen por tres principios: 1) la existencia de patrimonio geológico singular, 2) la puesta en marcha de iniciativas de geoconservación y divulgación, y 3) favorecer el desarrollo socioeconómico a escala local utilizando el patrimonio geológico como eje conductor (Carcavilla et al., 2014). Para esto, un Geoparque debe presentar un conjunto de sitios de importancia geológica internacional y nacional, que representen de buena manera la historia geológica del territorio y los procesos que la formaron. Estos sitios pueden ser importantes desde el punto de vista científico, educativo y/o turístico (GGN, 2010).

El concepto de Geoparque es amplio y tiene una visión integral, por lo que además de lo mencionado, considera todo el entorno geográfico de la región en la que se encuentra, y no sólo incluye los lugares de importancia geológica. La sinergia entre geodiversidad, patrimonio geológico, biodiversidad, cultura, patrimonio tangible e intangible es un tema que debe ser destacado como parte integral de cada Geoparque. Por esta razón, es necesario incluir además de los sitios de importancia geológica, sitios de importancia ecológica, arqueológica, histórica y cultural en cada uno de estos territorios. En muchas sociedades la historia natural, social y cultural está íntimamente relacionada y no pueden ser separadas (GGN, 2010). Así, un Geoparque Mundial de la UNESCO utiliza su contexto y características geológicas, en conexión con todos los demás aspectos del patrimonio natural y cultural, para aumentar la conciencia y la comprensión de las principales cuestiones que enfrenta actualmente la sociedad, como es el caso del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, la reducción del impacto de desastres socionaturales, entre otros (UNESCO, 2017a).

Es importante tener en cuenta que los afloramientos geológicos impresionantes, los paisajes únicos a nivel mundial, o la existencia de un legado histórico y cultural de gran importancia, no son suficientes por sí solos para poder declarar un territorio como Geoparque Mundial de la UNESCO (GGN, 2010).

Un requisito previo a cualquier solicitud es el establecimiento de una estructura de gestión y manejo del área que sea eficaz y cuente con un programa de implementación. Un Geoparque tiene un organigrama con funciones y responsables bien definidos, pudiendo así garantizar la conservación del patrimonio, la promoción del desarrollo sostenible, y su propio sustento en el tiempo. Para esto se requiere la implicación de los distintos actores presentes en el territorio. La iniciativa de crear un Geoparque viene desde los actores y autoridades locales y debe desarrollarse a través de un proceso "de abajo hacia arriba", demostrando fuerte apoyo local (GGN, 2010).

En resumen, la figura de Geoparque es un marco de gestión que apunta hacia la geoeducación, geoconservación, y desarrollo sostenible local. Un Geoparque es un territorio que demuestra una fuerte gestión y apoyo local, pero al mismo tiempo forma parte de una red global que le entrega una marca de calidad de reconocimiento internacional (Carcavilla et al., 2014).

1.3 El patrimonio geológico y la geoconservación en Chile

La creación de Geoparques en América Latina y El Caribe se ha hecho una realidad mediante diversas iniciativas regionales que presentan distintos estados de desarrollo. Existe un creciente interés en la región por temas relativos al Patrimonio Geológico y Geomorfológico, desde territorios donde se realizan estudios iniciales de geodiversidad, hasta Geoparques Mundiales de la UNESCO ya consolidados y reconocidos.

Una prueba del creciente interés en desarrollar estudios en América Latina enfocados a la identificación, valoración y protección del patrimonio geológico y geomorfológico son las reuniones regionales que se han llevado a cabo durante los últimos años, en donde se abordan temas como geopatrimonio, geoturismo, geoconservación y geoparques; la reciente creación de la "Red de Geoparques de América Latina y El Caribe" (GeoLac) y la existencia de numerosos geoparques aspirantes o proyectos de geoparques en la región (Mourgues, Contreras, Schilling, Benado, & Partarrieu, 2016)

Actualmente, la GeoLac está compuesta por siete Geoparques Mundiales de la UNESCO: Araripe (Brasil), Grutas del Palacio (Uruguay), Comarca Minera de Hidalgo y Mixteca Alta (ambos en México), y los tres más recientes, todos andinos y reconocidos en abril de 2019: Colca y Volcanes de Andagua (Perú), Imbabura (Ecuador) y Kutralküra (Chile).

En la rica geodiversidad de Chile existen elementos de relevancia científica global que registran momentos destacados de la historia de la Tierra o que son ejemplos de procesos geológicos singulares, los que conforman el patrimonio geológico. Durante los últimos años se han realizado importantes avances en relación con el registro de sitios de interés geológico en Chile a través de diversos inventarios, principalmente asociados a áreas naturales protegidas. En ellos se reconocen geositios de diversa relevancia, potencial de uso, estado de protección y vulnerabilidad. A pesar de estos avances, el conjunto de geositios registrados da cuenta de manera poco representativa de la geodiversidad chilena, y se reconoce una repartición territorial muy heterogénea. En la normativa chilena, existen instrumentos legales que consideran la conservación de algunos de estos sitios de relevancia geológica. Sin embargo, estos instrumentos han resultado poco operativos, ya que ninguna dependencia del Estado ha asumido el registro sistemático del patrimonio geológico ni su gestión. Actualmente, se encuentra en discusión en el Congreso Nacional el proyecto de ley que crea el nuevo Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el nuevo Sistema Nacional de Áreas Protegidas, lo cual es una excelente oportunidad para implementar una estrategia nacional de geoconservación (Mourgues et al., 2016).

En el mes de abril del año 2019 la UNESCO entregó a Kutralküra el certificado de Geoparque Mundial, siendo el primero y hasta el momento el único del país. Este territorio se ubica en la región de la Araucanía e incluye las comunas de Curacautín, Vilcún, Lonquimay y Melipeuco, cubriendo una superficie cercana a los 8.000 km2. Dentro de sus límites se incluyen seis áreas protegidas y cinco volcanes activos, destacando el volcán Llaima por ser uno de los más activos de Sudamérica, existen además al menos cuatro proyectos de geoparques en Chile que aspiran a ser declarados y reconocidos por la UNESCO y el mundo: Litoral del Biobío, Valle de Petorca, Puchuncaví y Cajón del Maipo. El conjunto de acciones realizadas a la fecha que están destinadas a la identificación, caracterización y valorización del patrimonio geológico, junto con los proyectos dirigidos a impulsar la creación de geoparques, permite prever un incremento importante en el desarrollo de actividades turísticas relacionadas con elementos geológicos a lo largo del país. Adicionalmente, la creación del Programa Internacional de Geociencias y Geoparques (PICGG) de la UNESCO que incluye a la Red Mundial de Geoparques, y la reciente creación de la Red de geoparques de América Latina y El Caribe representa un importante incentivo para la incorporación de proyectos de Geoparques nacionales a estas últimas. A mediano plazo es razonable pensar en la creación de una Red Nacional de Geoparques, lo cual tendría un impacto positivo en la valoración de las ciencias de la Tierra en el país (Mourgues et al., 2016).

1.4 San José de Maipo, la capital geológica de Chile

La comuna de San José de Maipo se encuentra ubicada en la Provincia Cordillera, Región Metropolitana. Con tan solo 18.189 habitantes es por lejos la comuna más grande de toda la región, ocupando un 32,4 % de su superficie total regional, dejando el restante 67,6 % a las otras 51 comunas, como se observa en la figura 1 (INE, 2017).

La comuna se encuentra a unos 48 km de Santiago, 25 km de Puente Alto y 375 km de Mendoza (Argentina). La superficie de la comuna es de 4.994,8 km2, la que se divide en 23 localidades en torno al pueblo de San José de Maipo; estas localidades son: La Obra, Las Vertientes, El Canelo, El Manzano, Los Maitenes, El Guayacán, San José de Maipo, Lagunillas, El Toyo, El Melocotón,

Figura 2: Ubicación

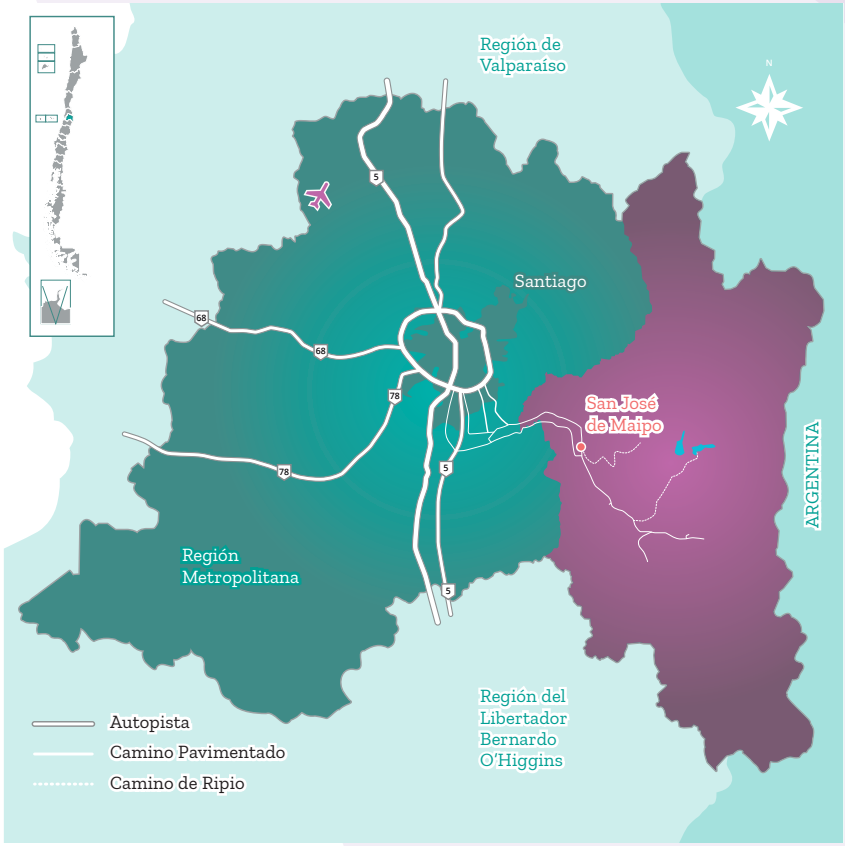
San Alfonso, El Ingenio, Boyenar, San Gabriel, Romeral, Embalse El Yeso, Los Queltehues, Las Melosas, El Volcán, Baños Morales, El Morado, Lo Valdés y Baños Colina (Agraria, 2017).

La capital de la comuna, la ciudad de San José de Maipo se emplaza a 972 metros sobre el nivel del mar. La geografía del lugar se condiciona por encontrarse en la Cordillera de Los Andes, y sus paisajes se caracterizan por mostrar valles fluviales y glaciares que separan sus imponentes cordones montañosos, entre los que fluyen los ríos Colorado, Maipo, Olivares, Yeso y Volcán, entre otros. Cuenta con un clima templado cálido con estación seca prolongada que se caracteriza por presentar lluvias invernales (1.200 mm y 2.000 mm), temperaturas oscilan entre 1° C como mínima promedio en invierno y 28° C durante el verano, arrojando un promedio anual de 14° C (Agraria, 2017).

Para acceder a la comuna, se puede utilizar la ruta G-25, que es la continuación de Avenida La Florida; la Ruta G-345 que conecta hacia Los Maitenes Alfalfal a través de Río Colorado, Ruta G-355 que conecta hacia Lagunillas; Ruta G-421 arteria que conecta hacia El Toyo y Pirque (Agraria, 2017).

Esta comuna, popularmente conocida como "Cajón del Maipo", resalta por ser un territorio con una enorme geodiversidad. En ella es posible encontrar cientos de glaciares y grandes cuencas hidrográficas que tributan al río Maipo y que corresponden a la principal fuente de agua de Santiago. Además, se pueden presenciar volcanes activos, fuentes de aguas termales, fósiles de millones de años de antigüedad, grandes aluviones y remociones en masa, e incluso el emplazamiento de uno de los polos mineros más antiguos de Chile, hoy reconvertido al turismo. Por otra parte, también cuenta con una gran biodiversidad representada a través del bosque esclerófilo, las vegas andinas, lagunas de montaña, gran diversidad de aves, y la existencia de áreas que se encuentran oficialmente protegidas por estos mismos valores.

Con el objetivo de promover la creación de un Geoparque Mundial en la comuna, el 16 de julio del año 2018, en el marco de la celebración del aniversario número 226 de la fundación de San José de Maipo, fue declarada mediante decreto municipal, por el alcalde, don Luis Pezoa Álvarez, como la "Capital Geológica de Chile" y "Geoparque Mundial Aspirante" ("Decreto Exento N° 386," 2018).



Ubicación y área de la comuna de San José de Maipo, que coincide con el

1.4.1

El proyecto Geoparque Cajón del Maipo

El Proyecto Geoparque Cajón del Maipo es una iniciativa que se desarrolla en el marco del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques (PICGG) de la UNESCO, impulsado conjunta y colaborativamente por entidades públicas y privadas de la comuna de San José de Maipo en la Región Metropolitana. Tiene por finalidad postular ante UNESCO el territorio que conforma la comuna de San José de Maipo, para ser declarado Geoparque mundial, y consecuentemente conseguir la membresía en la Red de Geoparques de América Latina y el Caribe, y la Red Mundial de Geoparques.

El Geoparque aspirante Cajón del Maipo es liderado y representado por un órgano gestor denominado "Comité Promotor por el Geoparque Cajón del Maipo", constituido a la fecha por sus tres entidades fundadoras (Marmolejo, Parque Educativo Likandes y la I. Municipalidad de San José de Maipo), quienes trabajan de forma colaborativa en la concreción de una postulación exitosa del proyecto desde el segundo semestre del año 2017.

En profundo compromiso con los criterios y principios establecidos por UNESCO, por la Red Mundial de Geoparques y la Red de Geoparques de América Latina y el Caribe, especialmente con aquellos que se refieren al trabajo "de abajo hacia arriba", el Proyecto busca que los diversos actores de relevancia en la comunidad de San José de Maipo trabajen de forma colaborativa en desarrollar y promover la realización de las actividades necesarias para habilitar y concretar una postulación exitosa de la comuna como Geoparque Mundial de UNESCO. De esta manera, se busca enfrentar en conjunto los principales desafíos vinculados al desarrollo sostenible y avanzar en materia de turismo, educación, conservación y desarrollo económico y social en el territorio.

1.5

Los Geoparques y el Desarrollo Sostenible

Los Geoparques Mundiales de la UNESCO son áreas geográficas únicas y unificadas, en las que se gestionan sitios y paisajes de importancia geológica internacional, con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible (UNESCO, 2017a).

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, figura 2), que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de las ciudades (ONU, 2015).

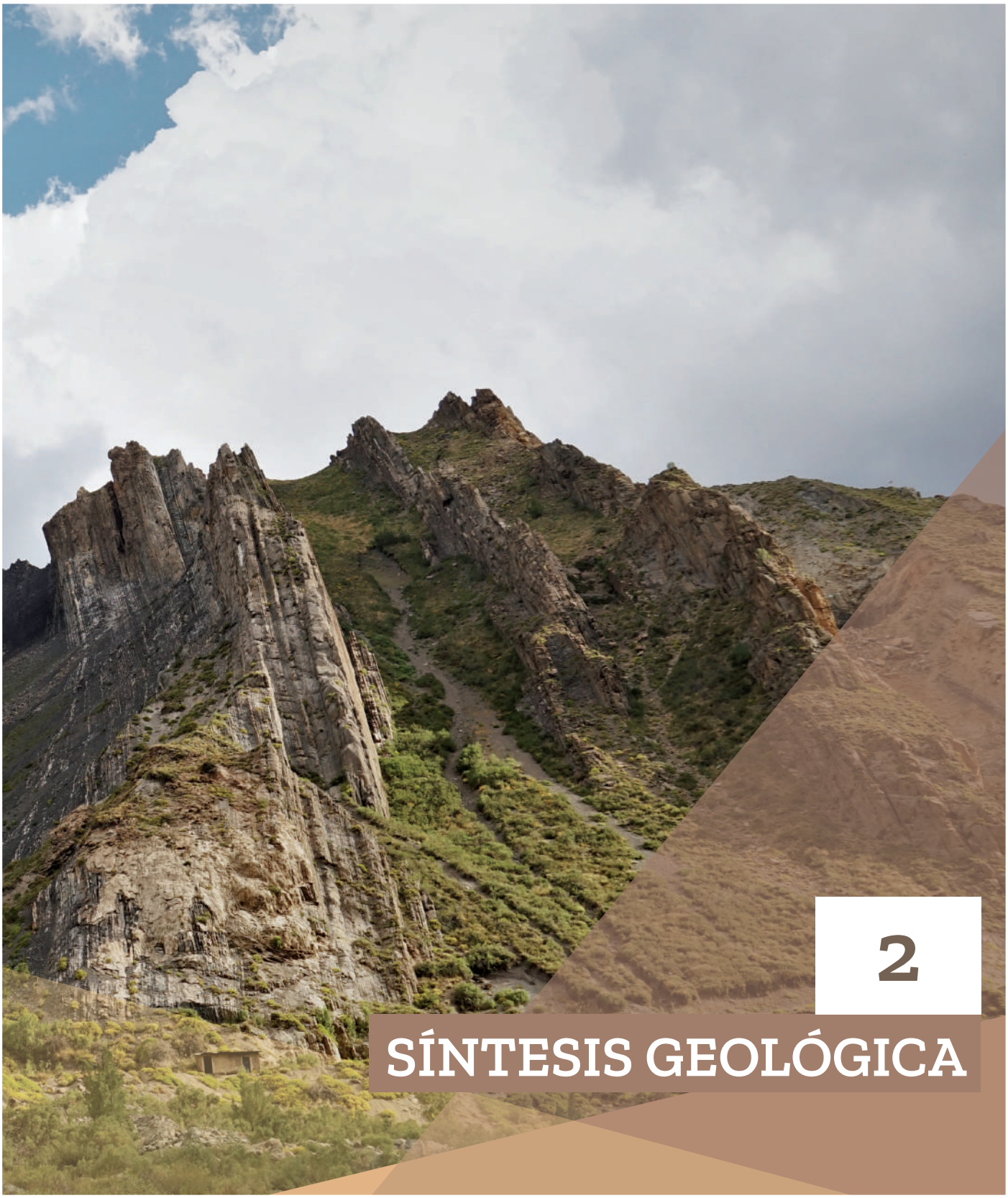
1.5.1

17 objetivos para transofrmar el mundo

Los objetivos de desarrollo sostenible son el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos. Se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, y la paz y la justicia. Para no dejar a nadie atrás, es importante que logremos cumplir cada uno de estos objetivos al 2030.

Numerosos Geoparques Mundiales de la UNESCO contribuyen en todo el planeta con el cumplimiento de los diferentes ODS definidos en la Agenda 2030. Se ha dicho desde la Red Global de Geoparques que de forma genérica estos contribuyen con 8 de un total de 17 de estos objetivos, sumando la contribución que hacen a 11 metas específicas asociadas de un total de 169 definidas en la Agenda 2030 (UNESCO, 2017b).

En el caso específico del Geoparque Aspirante Cajón del Maipo y tras un análisis de elaboración propia, se estima que el desarrollo del proyecto podría contribuir significativamente en el cumplimiento de al menos 15 de los 17 objetivos de desarrollo sostenible a escala local y contribuir en 32 metas específicas de forma directa y 25 metas específicas de forma indirecta del total de 169 que se asocian a los ODS.



2

SÍNTESIS GEOLÓGICA

2.1

La cordillera de Los Andes

La Cordillera de Los Andes, o simplemente Los Andes, es un sistema montañoso de Sudamérica que contornea la costa del océano Pacífico y parte del mar Caribe a lo largo de más de 7.000 km, constituyendo la cadena montañosa más larga de la Tierra y la segunda más alta después del Himalaya. Este cordón montañoso es de gran interés para el estudio de la evolución de la Tierra por sus condiciones geológicas excepcionales, siendo una zona donde ocurren grandes terremotos, se encuentran los volcanes más altos del mundo y se alojan yacimientos metálicos gigantescos. Pese a ser una de las regiones de mayor interés en el mundo para la geología, no existen aún Geoparques Mundiales de la UNESCO en la zona andina, aunque existen diversos proyectos que buscan hacer justicia y poner en valor la geodiversidad de este macizo en Latinoamérica y El Caribe, en países como Chile, Argentina, Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia.

Los segmentos en los que se divide este cordón montañoso son los siguientes (Jordan et al., 1983):

• Los Andes Septentrionales, que se extienden desde Venezuela al norte (12° N) hasta Perú al sur (5° S). Esta cadena montañosa resulta de la interacción de las placas de Caribe, Cocos, Nazca y el Istmo de Panamá.

• Los Andes Centrales, que se extienden desde el Perú y Bolivia al norte (5° S), hasta Chile y Argentina por el sur (45°S). Este segmento de la cadena resulta de la subducción de la placa de Nazca bajo el continente sudamericano.

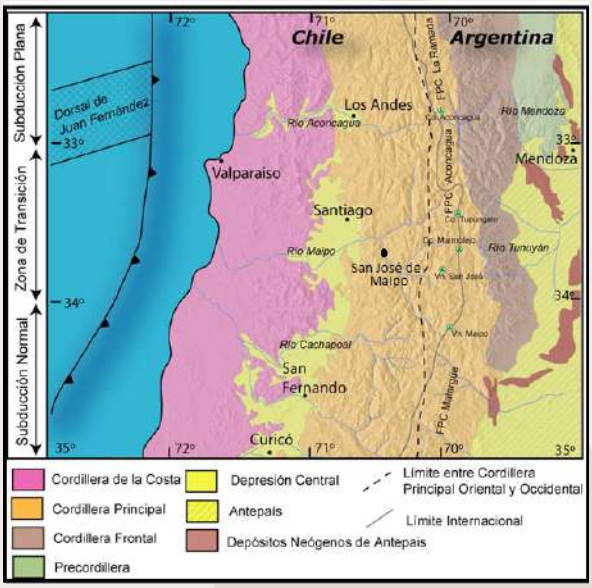
• Los Andes Australes o Patagónicos, que se extienden en la frontera chilena-argentina entre los 45° - 55° S. Ellos resultan de la subducción de las placas oceánicas de Nazca y Antártica que interaccionan con la península Antártica y la Placa de Scotia.

San José de Maipo se ubica en Chile Central en los 33-35°S, y es parte de los Andes Centrales, un segmento de la cordillera que geológicamente es muy activo y posee rasgos y sitios con excepcional valor científico. Específicamente, en esta zona del país se pueden observar cinco grandes unidades estructurales de orientación norte–sur: la Cordillera de la Costa, la Depresión Central, la Cordillera Principal, la Cordillera Frontal y la Precordillera (Calderón, 2008; Fock, 2005), que en su conjunto conforman el característico relieve de Chile Central.

La Comuna de San José de Maipo se encuentra en la unidad estructural conocida como Cordillera Principal (figura 3), la que presenta diferencias en sus rasgos geológicos que permiten dividir esta zona en un segmento occidental y otro oriental. En su flanco occidental, entre las localidades de La Obra y Baños Morales, está conformada por rocas volcánicas y sedimentarias del Cenozoico con edades de unos 37 a 5 millones de años, principalmente de las Formaciones Abanico y Farellones (Thiele, 1980; figuras 4 y 5).

En su flanco oriental, entre Baños Morales y la frontera con Argentina, la Cordillera Principal está compuesta principalmente por rocas sedimentarias y volcánicas del Mesozoico (que tienen entre 166 y 100 millones de años) que se presentan fuertemente deformadas, producto de su larga historia que se ha visto afectada por el proceso de subducción (Benado, 2013). En esta zona se encuentran las rocas más antiguas de la comuna, como son las características de las Formaciones Río Colina, Río Damas, Lo Valdés y Colimapu (figuras 4 y 5).

Figura 3: Principales morfoestructuras de la segmentación andina entre los 32° y 35° (Fock, 2005).



2.2

Historia geológica

La historia geológica del Cajón del Maipo es compleja, lo que queda retratado al observar sus paisajes geodiversos e impresionantes. En sus rocas están registrados más de 160 millones de años de historia geológica, representando parte de cinco períodos geológicos: Jurásico, Cretácico, Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. Cada roca, cada fósil y cada paisaje representa una pequeña pieza del rompecabezas que constituye la historia de la evolución de uno de los cordones montañosos más activos y relevantes del mundo, la Cordillera de Los Andes (figuras 4 y 5, ilustración 1).

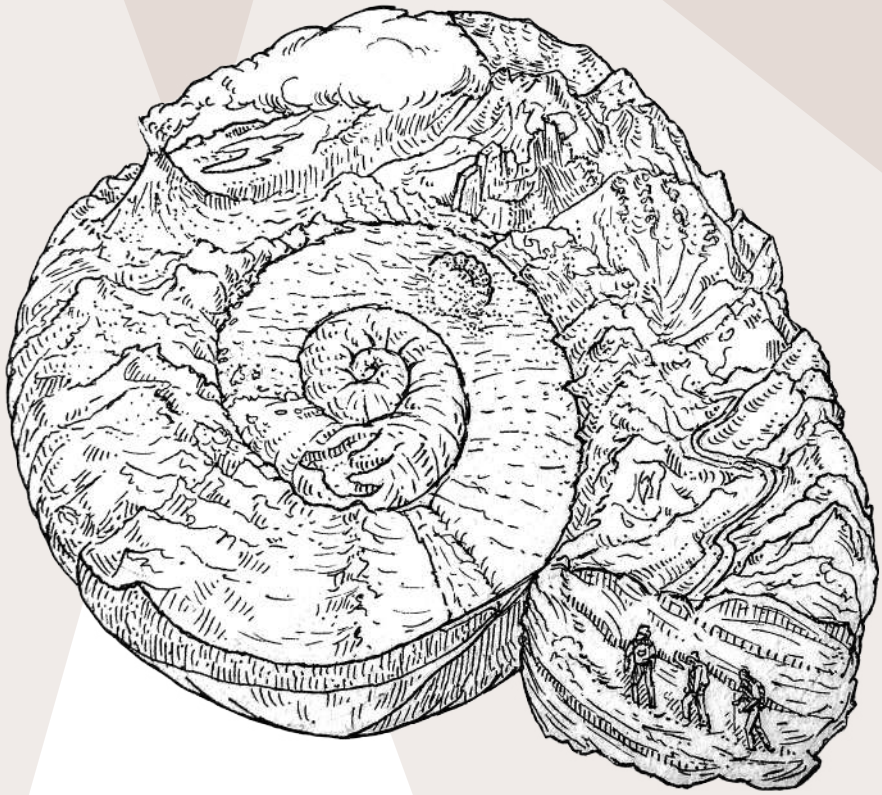


Ilustración 1:
Espiral del tiempo en un ammonite:
La historia Geológica del Cajón del Maipo
(Jorge Zapata).

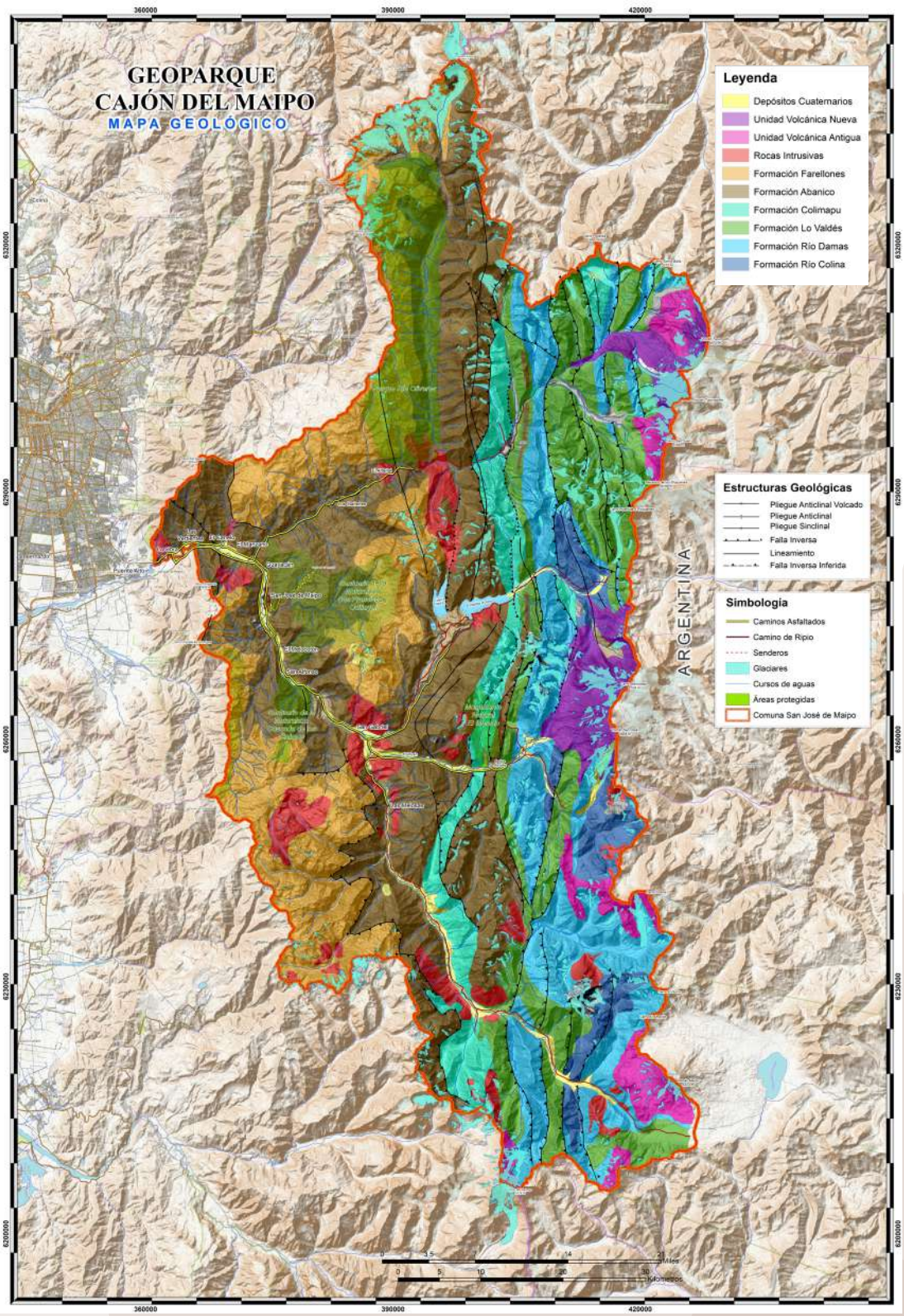


Figura 4: Mapa geológico de la comuna de San José de Maipo (Benado, 2013; Bustamante et al., 2010; Calderón, 2008; Fock, 2005; Thiele (1980)).

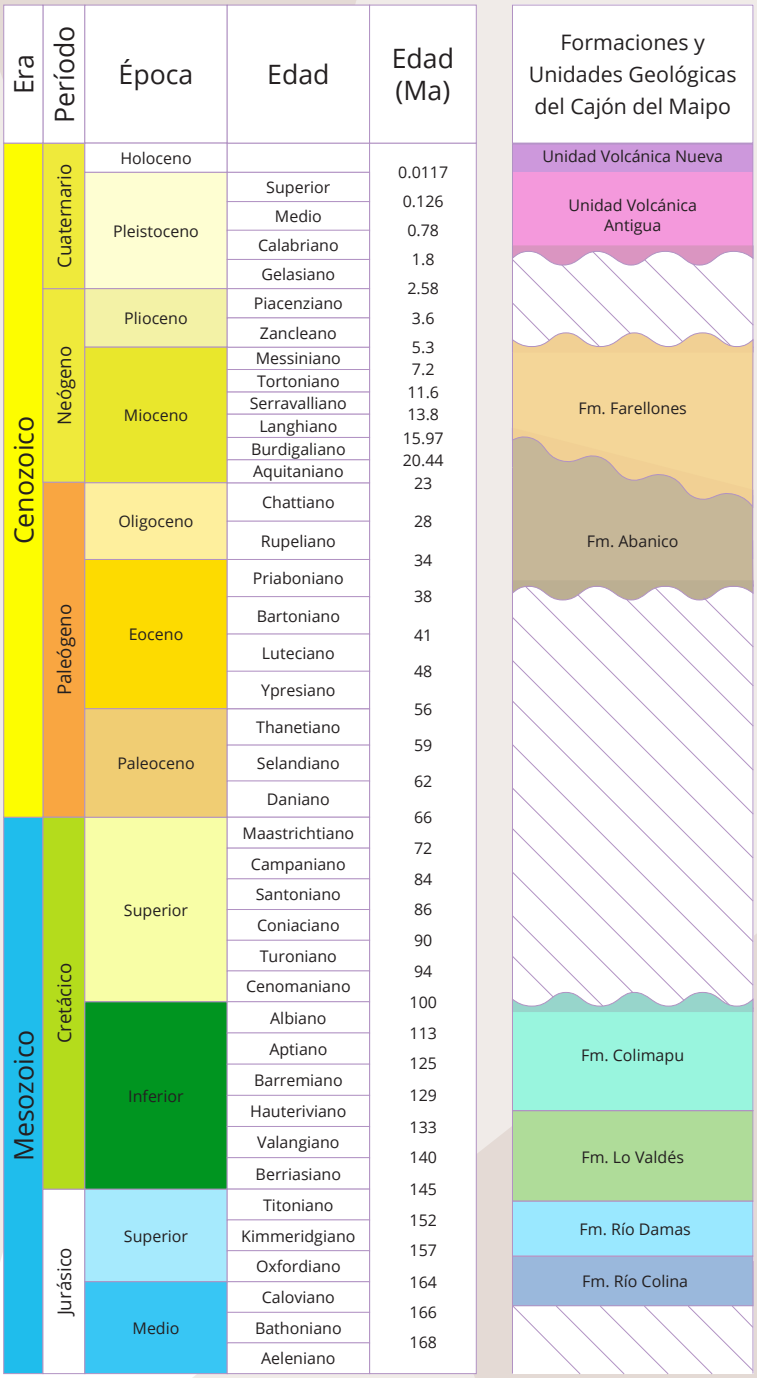


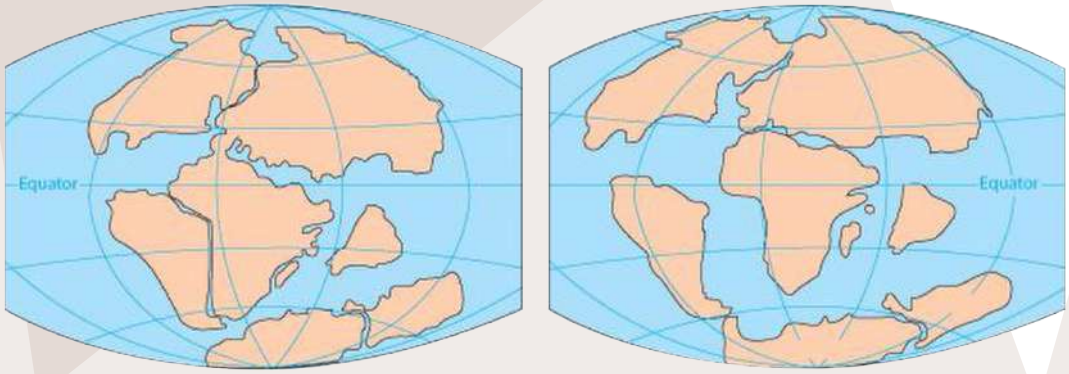
Figura 5: Columna estratigráfica simplificada del área de estudio. A la izquierda se muestra la escala de tiempo geológico y a la derecha se indican las principales unidades y formaciones geológicas que componen el registro de rocas que se ha estudiado en el Cajón del Maipo. Las rocas más antiguas se muestran en la parte inferior y las más recientes en la parte superior (Modificado de Fock (2005)).

Las rocas estratificadas, que forman las capas rocosas (o estratos) que se observan en las montañas y valles de la comuna, son las que guardan la mayor parte del registro de la historia geológica de Chile Central (Benado, 2013; Fock, 2005; González, 1963; Klohn, 1960; Thiele, 1980). A continuación, se presenta una reconstrucción de la compleja historia geológica de esta comuna, considerando para esto las principales formaciones geológicas de rocas estratificadas que se pueden observar. Es importante notar que este es un relato simplificado, para que pueda ser comprendido e interpretado por el lector no especializado (la figura 5 muestra la edad de las principales formaciones geológicas del territorio).

2.2.1

El Mesozoico: Cuando el mar estuvo en el Cajón del Maipo (166 a 100 millones de años)

Hace 195 millones de años (Jurásico Inferior) existía un supercontinente llamado Gondwana, el cual se encontraba algo pasivo tectónicamente. Debido a procesos asociados a la energía interna de la tierra, en el Jurásico Medio comenzó un régimen de subducción en el borde occidental de Gondwana. La placa tectónica oceánica, proveniente del Pacífico, comenzó a moverse hacia el este y chocó con el gran continente. Como las rocas oceánicas son más densas y pesadas que las continentales, se hunden en el manto terrestre, generando el proceso conocido como subducción (figuras 5 y 6).



La Tierra en el Jurásico, hace 145 millones de años

La Tierra en el Cretácico, hace 65 millones de años

Figura 6: Rompimiento de Gondwana y separación de África de Sudamérica en el límite Jurásico – Cretácico (USGS).

Cuando la placa oceánica llega a una profundidad a la cual se empieza a deshidratar, el agua liberada produce la fusión de la parte superior del manto dando origen a volcanismo (figura 7). Esos antiguos volcanes y las rocas asociadas a su actividad conforman lo que actualmente es conocido como Cordillera de la Costa. En ese momento, la subducción (hundimiento de una placa bajo la otra) de la placa oceánica que se enfrentó a la placa continental, se caracterizó por su alta densidad, en consecuencia, desciende rápidamente con un ángulo de inclinación bastante alto, favoreciendo unas condiciones geológicas de fuerzas extensionales, es decir, se empezó a extender y hundir la corteza continental (figura 7).

En ese momento el paisaje debió consistir en una serie de volcanes más o menos alineados a lo largo de una franja, formándose detrás del cordón volcánico una cuenca (depresión en la superficie de la tierra). Ese terreno fue hundiéndose hasta niveles más bajos que el mar. En ese momento el mar pasó a través del cordón de islas volcánicas e inundó las regiones deprimidas del borde occidental del continente. Esto determinó la presencia de un mar de poca profundidad al este del cordón volcánico, conformando una cuenca donde actualmente se ubica el Cajón del Maipo, llamada cuenca de Neuquén (figura 7).

En este mar vivieron diferentes especies subacuáticas, las cuales al morir dejaron sus restos o esqueletos que gradualmente fueron cubiertos por sedimentos y de esa manera fosilizados luego de un largo tiempo.

Las rocas en las que se puede observar los episodios más antiguos del territorio del Geoparque son las denominadas **Formación Río Colina** de 166 Ma (Jurásico Medio - Superior) que se encuentran al Sureste de su territorio. En ellas se puede observar una gran variedad de fósiles marinos, calizas, niveles de yeso y rocas marinas. Estas rocas se formaron en mares someros que se encontraban entre el arco de islas volcánicas y la superficie continental.

Sucesivamente, se encuentran las rocas de la **Formación Rio Damas** con una edad alrededor de los 155 Ma (Jurásico Superior). Debido al paulatino retroceso del mar que inundó parte del continente, los sedimentos que se depositaron en el territorio fueron principalmente de origen continental sub aéreo, es decir, materiales de ríos y lagos, además de algunos episodios de erupciones volcánicas que se encuentran registradas en las rocas de esta formación geológica. En el Geoparque se puede reconocer este conjunto de rocas por su coloración rojiza y verdosa. Además, es posible encontrar antiguas huellas de dinosaurios, grietas de desecación, ondulitas de oleaje, impresiones de gotas de lluvia y paleocanales donde corrían los ríos.

Posteriormente, se desarrollan las rocas de la conocida **Formación Lo Valdés** de cerca de 145 Ma (límite Jurásico Superior - Cretácico Inferior), secuencia que refleja sucesivos periodos de avance y retroceso del nivel del mar. En ella se interpreta inicialmente un avance marino hacia el continente (trasgresión marina) inundando las zonas más deprimidas y depositando finos materiales marinos y restos de fósiles como ammonites. Luego de esto cambian las condiciones geográficas y comienza un periodo de retroceso del mar, donde se desarrolló un ambiente costero con ausencia de fósiles marinos y la principal acción de ríos y montañas que dejaron a su paso depósitos de grandes espesores con coloraciones rojizas a gris verdosas. Seguidamente un nuevo evento de avance del mar genera un ambiente marino somero, donde se sedimenta material fino y organismos marinos que al pasar el tiempo generaron calizas ricas en fósiles.

Seguidamente se encuentra la **Formación Colimapu**, que guarda los registros de hace 100 Ma (Cretácico Inferior). En ese momento, el mar nuevamente comienza a retroceder generando nuevas condiciones geográficas, caracterizada por un ambiente de borde continental deltaico, es decir, desembocaduras de antiguos ríos. Durante los últimos episodios registrados en estas secuencias, se encuentran grandes eventos de erupciones volcánicas intermitentes que depositaron sus lavas y material incandescente (piroclastos) sobre los depósitos fluviales de los ríos

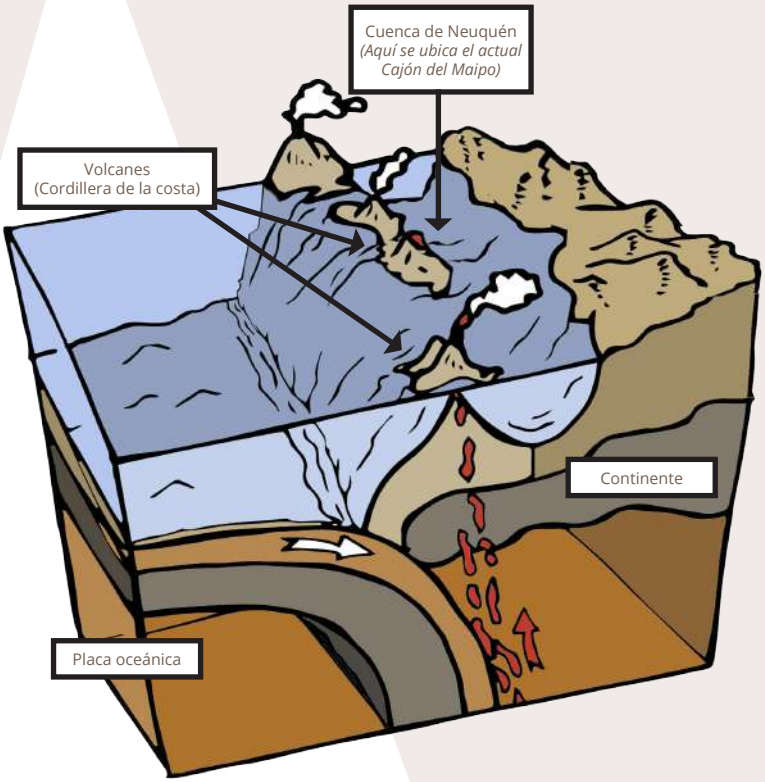


Figura 7:
Subducción de placa oceánica bajo la placa continental en el en el Mesozoico en Chile Central.

2.2.2

El Cenozoico: Volcanes y el desarrollo de la cordillera (37 a 5 millones de años)

La cuenca de Neuquén se desarrolló durante un periodo bastante prolongado, durante el Jurásico y parte del Cretácico inferior, pero cuando la placa oceánica que enfrentaba el borde de Sudamérica comenzó a hacerse más joven y se volvió menos densa, el ángulo de subducción disminuyó. La placa pasó a tener ahora una menor inclinación, más parecida a la que existe en la actualidad.

Esto produjo, a mediados del periodo Cretácico, un episodio de fuerte compresión, gran deformación y consiguiente alzamiento (generación de relieve, es decir, la formación de una cordillera). Se le denomina a este evento fase orogénica Peruana.

El alzamiento provocó una modificación completa de la geografía de la época; lo que era mar interior emergió y quedó expuesto a la erosión. El menor ángulo de subducción provocó el desplazamiento de la actividad volcánica y el nuevo cordón volcánico y montañoso se ubicó hacia el este del anterior. A partir de ese momento prácticamente no volvió a entrar mar en nuestro territorio. En esta etapa las rocas encontradas tienen relación con depósitos y sedimentos provenientes de la actividad de ríos, glaciares, volcanes y procesos de remoción en masa.

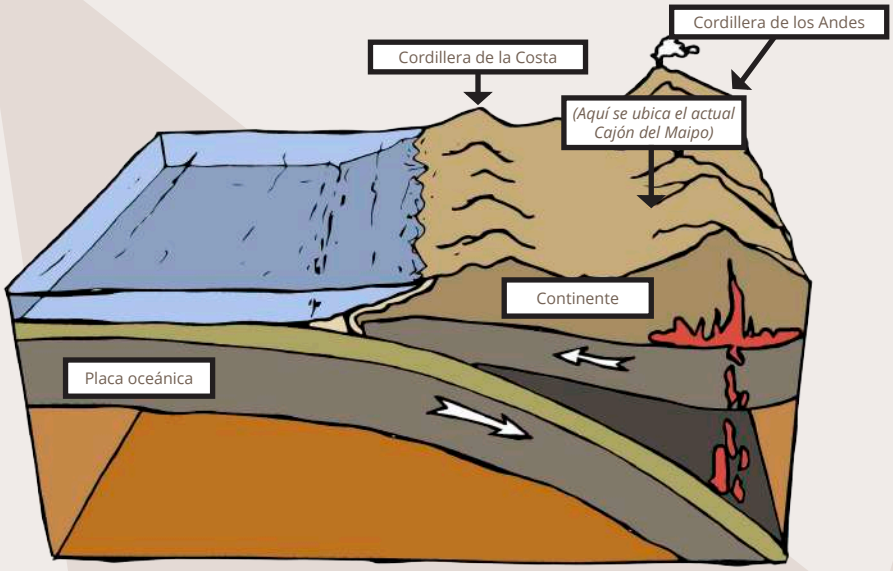


Figura 8: Proceso de subducción, alzamiento de la cordillera y desarrollo del volcanismo, desde el cenozoico a la actualidad.

Desde este episodio hasta la actualidad la interacción entre la placa oceánica que enfrenta al continente y la placa Sudamericana no ha cambiado mucho, y aunque ha habido épocas durante las cuales la intensidad ha variado, siempre se ha mantenido dentro de un régimen compresivo (*figura 8*).

Evidenciando la nueva configuración geográfica se encuentran las rocas de la **Formación Abanico**, la cual atesora los procesos de hace 40 Millones de años (Eoceno Superior). En ese entonces, existían numerosos volcanes alineados en dirección Norte-Sur que se encontraban dentro de una gran depresión (cuenca) en la superficie terrestre, allí se depositaban las lavas y materiales incandescentes expulsados por las intermitentes erupciones volcánicas. Estos productos volcánicos se intercalaban con sedimentos provenientes de ríos, acarreos montañosos y lagos, así también quedaban atrapados restos de organismos terrestres que luego al fosilizarse, se utilizaron para datar la edad de estas rocas.

Finalmente, la geología de este territorio vuelve a cambiar drásticamente desde aproximadamente los 16 Ma (correspondiente al Mioceno), ya que el arco volcánico vuelve a moverse hacia el este, comenzando nuevamente un periodo de compresión tectónica en el territorio que ocasiono nuevas deformaciones de las rocas preexistentes, plegándolas y elevándolas, conformando la Cordillera Principal. Entre las grandes formaciones geológicas del Cajón del Maipo, la más joven es la **Formación Farellones** de 16 Ma (Mioceno). Esta formación representa un periodo sumamente activo del volcanismo en los últimos millones de años, en él se guardan sucesiones de coladas de lavas y grandes depósitos de erupciones volcánicas (depósitos piroclásticos). Se interpreta que se formó con unas primeras grandes erupciones volcánicas del tipo caldera, las cuales rellenaron el relieve con ceniza, flujos piroclásticos (nube ardiente que corre pendiente abajo) y materiales incandescentes. Luego las erupciones esporádicas de estratovolcanes dejaron tras de sí grandes flujos de lavas que se intercalaron con material volcánico.

2.2.3

El Cuaternario: Paisaje modelado por ríos, volcanes y glaciares (2.6 millones de años al presente)

Los acontecimientos más recientes del territorio se encuentran en rasgos geomorfológicos, es decir, en las distintas formas del relieve terrestre. Estos se relacionan con las últimas glaciaciones del Cuaternario (hace 2.6 Ma), donde la glaciación más reciente sucedió hace 10 mil años. Durante este periodo se formaron grandes valles glaciares característicos por su considerable extensión y forma de "U". Actualmente se pueden observar este tipo de valles junto con sus depósitos glaciares, como son las morrenas.

También se pueden observar geoformas fluviales, destacando las terrazas fluviales, que corresponden a mesetas o plataformas constituidas por los sedimentos del propio río ubicados a los lados del cauce. Por otro lado, se destaca el importante desarrollo de los volcanes como el Tupungatito, San José y Maipo, considerados activos por presentar una historia eruptiva reciente. Incluso, el volcán Maipo está asociado a la gran caldera Diamante, estructura geológica que indica que hace 450.000 años ocurrió en el Cajón del Maipo una de las erupciones volcánicas más grandes del planeta Tierra.

La evidencia indica que existe en este territorio una impresionante geodiversidad, ya que esconde en sus rocas y paisajes valiosos tesoros que permiten reconstruir la historia geológica y los procesos que han modelado los paisajes de uno de los contextos geológicos más activos y singulares de la Tierra: la cordillera de Los Andes.

2.3

La Geodiversidad del Cajón del Maipo

La comuna de San José de Maipo, posee un territorio de gran valor para la ciencia. Se han realizado numerosas investigaciones en diversas especialidades, siendo en la práctica un gigantesco laboratorio natural. En particular destaca su patrimonio geológico, ya que en su extensión ocurren procesos muy diversos y de alto valor científico que han sido estudiado por numerosos científicos e instituciones (Benado, 2013; González-Ferrán, 1995; González, 1963; Thiele, 1980).

Dentro de estos procesos y características se pueden enumerar como ejemplo:

- Presencia de sistemas volcánicos e hidrotermales activos.
- Estructuras geológicas activas como pliegues y fallas relacionadas al tectonismo cordillerando andino.
- Unidades litoestratigráficas tipo representativas de formaciones geológicas de extensión regional que comprenden parte de la evolución tectonoestratigráfica de los ultimos 160 millones de años en Chile Central.
- Una compleja red hidrogeológica compuesta por glaciares, ríos y lagunas cordilleranas, que conforman la principal reserva de agua de la Región Metroplitana.
- Presencia de complejos procesos que representan susceptibilidad de riesgo socionatural tales como remociones en masa, avalanchas de nieve, flujos piroclásticos, lahares, incendios forestales, entre otros.
- Numerosos yacimientos metálicos (cobre, oro, plata), no metálicos (yeso, cal) y pétreos (granito, arena, gravas).

En su territorio se han realizado diversas investigaciones que han aportado en temáticas tan diversas como: volcanología, petrología, geotermia, sismología, geología estructural, tectónica, hidrogeología, paleontología, sedimentología, geomorfología, glaciología o geología económica. Esto grafica que el Cajón del Maipo es un gigantesco laboratorio natural, teniendo potencial para ser un referente mundial para las ciencias de la Tierra y del medioambiente debido a su notable geodiversidad. Sin embargo, relativo a su Geopatrimonio existe solo un estudio: "Patrimonio geológico del proyecto Geoparque Cajón del Maipo (Región Metropolitana - Chile)", Tesis de Magíster de del geólogo José Benado (2013).

2.4

Áreas Temáticas

El Cajón del Maipo es un territorio que muestra, además de un rico patrimonio geológico, una geodiversidad notable. Una característica importante de un inventario es que debe representar toda la geodiversidad existente, por lo que se plantea en este documento continuar con la clasificación de lugares de interés que propuso Benado (2013), agrupándolos para poder representar de manera completa los elementos, rasgos y procesos que permiten comprender la historia y la evolución geológica del territorio. A continuación se describe cada una de las áreas temáticas utilizadas en este documento, las que son:

1. Remociones en Masa
2. Glaciares y morfología asociada
3. Volcanismo
4. Deformación tectónica
5. Rocas intrusivas
6. Rocas sedimentarias
7. Morfologías Fluviales
8. Minas y Yacimientos
9. Fuentes termales y aguas minerales
10. Registro Paleontológico

1. Remociones en Masa

El área de estudio se caracteriza por presentar relieves abruptos, que reflejan los procesos que han dominado la conformación del paisaje cordillerano. Gran parte de las unidades geológicas suelen presentar una extensiva deformación tectónica y se exponen a condiciones climáticas que favorecen su erosión (Benado, 2013). Además, es frecuente la presencia de actividad sísmica y volcánica. Esta configuración es favorable para la generación de movimientos de remoción en masa de diversa índole. Los procesos característicos del área son: flujos detríticos, aluviones, deslizamientos, caídas de bloques, entre otros.

2. Glaciares y morfología asociada

En la cuenca del río Maipo existen 718 glaciares, que ocupan una superficie de 387.52 km2. De estos, 40 son de Valle, 177 de Montaña, 13 glaciaretes y 538 de tipo Rocoso (Geoestudios, 2011). Gran parte de estos glaciares se encuentran en la comuna de San José de Maipo, en las zonas altas de los ríos Olivares, Colorado, Maipo, Volcán y Yeso. Estos cuerpos de hielo conforman la reserva de agua de la región Metropolitana, siendo clave su estudio y preservación para las 7.000.000 de personas que habitan la región. Entre las morfologías glaciares de la comuna se encuentran: horns, depósitos de morrena, lagunas glaciares, rocas estriadas, valles en forma de U, circos glaciares, entre otras, que permiten entender los efectos de las últimas glaciaciones en la comuna y conforman un interesante laboratorio natural para el estudio del cambio climático.

3. Volcanismo

Las rocas de San José de Maipo muestran que existe un amplio y extensivo registro de actividad volcánica, destacando las Formaciones Abanico y Farellones donde predominan las litologías de origen ígneo extrusivo, ambas de edad Cenozoica (40 a 5 Ma). Además, en el área de estudio existen al menos 11 volcanes, de los cuales tres están activos: los volcanes Tupungatito, San José y el centro eruptivo Maipo-Caldera El Diamante. Entre los rasgos volcánicos que se pueden observar en la comuna se cuentan: coladas de lava, tobas, ignimbritas, depósitos de cenizas, edificios volcánicos, domos, cráteres y fumarolas, además de la caldera Diamante, la cual expulsó ~450 km3 de material pumiceo hace 450.000 años (Sruoga et al., 2012).

4. Deformación tectónica

Desde el punto de vista tectónico, el Geoparque tiene una amplia gama de estructuras geológicas que reflejan la compleja evolución estructural de Chile central. Debido al mayor grado de deformación de las rocas Mesozoicas del sector oriental, las características estructurales difieren de oeste a este. En el sector más occidental, en el límite de la Depresión Central y la Cordillera Principal, las rocas de la Formación Abanico se encuentran fuertemente plegadas y falladas, donde es posible observar un pliegue sinclinal y anticlinal de oeste a este con ejes de orientación NS a NNE. Esta deformación está ligada íntimamente al sistema de Falla San Ramón. Entre las estructuras existentes hay fallas inversas y normales, pliegues sinclinales y anticlinales, entre otras.

5. Rocas intrusivas

En la comuna existen dos unidades intrusivas asociadas a rocas ígneas de origen plutónico. La más importante es la Unidad Intrusiva I, compuesta por plutones con rocas de granodiorita, monzogranito y monzonita cuarcífera (Thiele, 1980). La Unidad Intrusiva II está representada por stocks, lacolitos, filones manto y diques, que cortan profusamente hasta la Formación Farellones. Están compuestos principalmente por microgranodioritas, pórfidos dioríticos, dacitas y andesitas (Thiele, 1980). Gran parte de ellos son intrusivos del Eoceno superior-Mioceno inferior (Fock, 2005).

6. Rocas sedimentarias

En la comuna existen cuatro formaciones geológicas dominadas por la presencia de rocas sedimentarias, que reflejan en su conjunto la historia del Mesozoico de Chile Central. En esos momentos el Cajón del Maipo estaba inmerso en el mar de retroarco que cubría la cuenca de Neuquén, mientras que el arco volcánico activo se encontraba en la Cordillera de la Costa, entre los 160 y los 100 Ma de antigüedad. Estas son la Formación Río Colina, Formación Río Damas, Formación Lo Valdés y Formación Colimapu. Las rocas sedimentarias existentes son: areniscas, calizas, lutitas, calcilutitas, conglomerados, travertinos y yeso (Fock, 2005).

7. Morfologías fluviales

El área estudiada abarca la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Maipo. Este río drena la extensa cuenca que comienza en las altas cumbres que separan Chile con Argentina hasta su desembocadura en el océano Pacífico. Actualmente, el Río Maipo atiende el ~70% y el ~90%, de las demandas de agua potable y regadío respectivamente, de la Región Metropolitana (DGA, 2004). El Maipo es alimentado por una red de afluentes entre los que se cuentan los ríos Yeso, Colorado, Olivares, Volcán, además de otros ríos y esteros. Debido a esto, se encuentran en la zona diversos cuerpos de agua como cascadas, lagunas y surgencias. Otras morfologías fluviales son las asociadas a sus depósitos, como las terrazas del río Maipo, y a estructuras de erosión como las marmitas de gigante y las cárcavas.

8. Minas y yacimientos

En la comuna existen diversos yacimientos metálicos y no metálicos de recursos geológicos de relevancia para la economía local y regional. En particular, se encuentran antiguas minas de cobre y plata, además de yacimientos activos de granito, calizas, yeso y áridos. Para este inventario se ha considerado como geositio más representativo el Distrito Minero El Volcán, pueblo que representa la historia minera de San José de Maipo, con sus piques que poseen un interesante potencial educativo y turístico.

9. Fuentes termales y aguas minerales

Existen al menos siete afloramientos termales en la zona, siendo la mayoría del tipo cloruradas sódicas y presentarían un origen cogenético, existiendo también aguas sulfatadas cálcicas (Bustamante et al., 2010). Además, se pueden encontrar vertientes de aguas minerales que presentan anomalías térmicas, como son las aguas panimavidas del Monumento El Morado. En este inventario se han incluido como geositios individuales algunos de los afloramientos más representativos y de mayor potencial turístico y educativo, asociados a la actividad geotermal que entregan los volcanes activos de la comuna.

10. Registro paleontológico

Entre las distintas formaciones geológicas presentes en el área de estudio, se encuentra abundante fauna fósil en las formaciones Río Colina y Lo Valdés, presencia de carófitas fósiles en la Formación Colimapu y evidencias de restos carbonosos y flora fósil en la Formación Abanico (Benado, 2013). Además, se reconocen gran cantidad de estructuras sedimentarias en la Formación Río Damas, tales como icnitas de vertebrados, estratificación gradada, grietas de barro y huellas de gotas de lluvia entre otras. Entre todo este registro paleontológico, sin lugar a duda los más estudiados son los fósiles de la Formación Lo Valdés (139-125 Ma), que destaca por su abundancia y accesibilidad. Además, se ha seleccionado un bloque perteneciente a la Formación Río Damas (139 Ma), ubicado en el valle Las Arenas, el cual presenta huellas de dinosaurio, probablemente del orden Sauropoda (Benado, 2013).

3

METODOLOGÍA DE TRABAJO

En un Geoparque que aspira a ser parte de la Red Global debe existir un patrimonio geológico de interés internacional, lo que constituye uno de sus cuatro pilares fundamentales. Esto hace necesario que exista un inventario de Geositios del territorio, cuyos resultados son la base para establecer los planes de gestión, puesta en valor y preservación del patrimonio geológico, y constituyen un insumo clave al presentar la candidatura a la Red Mundial de Geoparques de la UNESCO (UNESCO, 2017a).

3.1

Objetivo general

Identificar, caracterizar y valorizar los elementos y sitios de mayor interés geológico presentes en el Cajón del Maipo, los que deben representar la geodiversidad y el patrimonio geológico del territorio.

3.1.1 Objetivos específicos

- Detectar y definir geográficamente los lugares de mayor interés geológico del Cajón del Maipo. Entre todos ellos, se debe reflejar el registro completo de edades, litologías, estructuras, fósiles, minerales y procesos que caracterizan la geodiversidad del área.
- Caracterizar y cuantificar el potencial y la vulnerabilidad del patrimonio geológico en cada sitio inventariado, considerando la importancia que representa para la ciencia, la educación, el turismo y el medioambiente.
- Sistematizar y analizar la información obtenida en la etapa de cuantificación del inventario de geositios, reconociendo tendencias en los datos y su manifestación geográfica dentro de la comuna.
- Desarrollar y disponer de una variedad de insumos e información, para ser utilizados en la difusión y puesta en valor del patrimonio geológico del Cajón del Maipo y que resultan indispensables para la concreción del proyecto que busca declarar este territorio como Geoparque Mundial de la UNESCO.

3.2

Etapas de elaboración del inventario

La metodología utilizada para elaborar el inventario de Geositios del proyecto Geoparque Cajón del Maipo se basa en la compilación de diversos trabajos relativos al patrimonio geológico y sus métodos de inventario (García & Carcavilla, 2013; Hilario et al., 2013; Medina, 2015; Mendia et al., 2013; Palacio, 2013). La principal referencia que se ha utilizado es el trabajo de Brilha (2016), del que se ha tomado la base teórica con modificaciones y adaptaciones al territorio estudiado. En términos generales, se compone de cuatro etapas correlativas, que constan de tareas específicas a realizarse para el cumplimiento de cada una de ellas (figura 9).

El inventario de Geositios incluye los puntos de mayor valor científico, así como aquellos lugares que destacan por su potencial didáctico o atractivo turístico. A su vez, el inventario es representativo de la geodiversidad del Cajón del Maipo e incluye también los puntos de interés más singulares. Adicionalmente, se ha evaluado el nivel de vulnerabilidad y fragilidad de cada sitio frente a actividades humanas o naturales a través del riesgo de degradación.

Desde el punto de vista de la valoración de los Geositios, el inventario tiene una primera parte descriptiva en cuanto al tipo de interés del Geositio y a sus características científicas. En una segunda parte el inventario incluye también una valoración cuantitativa que permite realizar comparaciones y clasificaciones. Así se obtienen las conclusiones que deben marcar las líneas de trabajo para la gestión de este patrimonio geológico. Para ello, cada una de las fichas incluye recomendaciones en campos como la investigación, el uso público o la conservación.

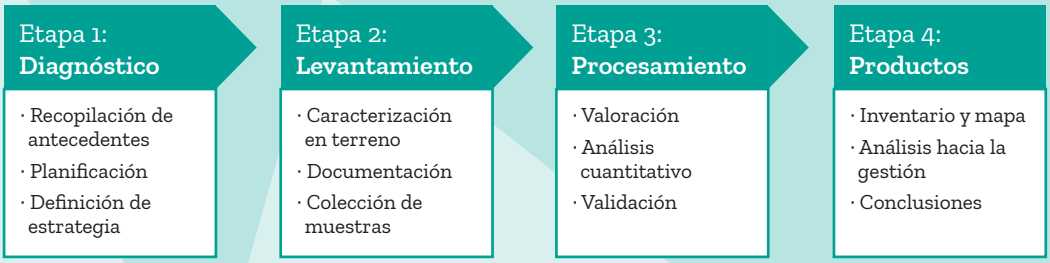


Figura 9: Resumen de la metodología utilizada en la elaboración de este inventario.

3.2.1

Etapa 1: Diagnóstico

- **Revisión Bibliográfica:** se recopiló y analizó la bibliografía referente a la geología presente en el área de la Comuna de San José de Maipo, mediante la revisión de diversas fuentes como artículos científicos de revistas internacionales y nacionales, tesis de pregrado y postgrado, reportes e informes técnicos y mapas geológicos.

- **Consulta con expertos:** se contactaron profesores de los Departamentos de Geología de la Universidad de Chile y de la Universidad Andrés Bello, además de especialistas en la geología de la comuna, para pedirles su opinión sobre eventuales geositios de valor científico de cada una de las áreas temáticas previamente definidas.

En total, se consideraron y revisaron más de 150 documentos, que permitieron identificar una lista preliminar de más de 60 sitios de interés geológico como potenciales geositios. Con esta revisión se logró establecer el marco teórico y el contexto geológico del área estudiada. Además, la base de información se enriqueció mediante la consulta con personas locales y propuestas del equipo de Marmolejo. La referencia más relevante es el trabajo de Benado (2013).

3.2.2

Etapa 2: Levantamiento en terreno

Para obtener una completa caracterización de los geositios que componen la lista preliminar, es necesario estudiarlos y valorarlos cualitativamente de manera exhaustiva. En la segunda etapa se realizó una campaña de trabajo de campo en la que se caracterizaron cerca de 50 de los geositios definidos en la lista preliminar, priorizando visitar aquellos con un alto valor potencial y buenas condiciones de accesibilidad. Cada uno de los sitios se caracterizó detalladamente utilizando una ficha de descripción, en la que se incluye la información relevante: nombre, ubicación georreferenciada, propiedad, condiciones de accesibilidad, estado de conservación, descripción geológica, amenazas, relación con otros valores patrimoniales, entre otros datos de interés.

Las observaciones de campo fueron complementadas con trabajo de gabinete, lo que consideró: descripción de muestras, interpretación de fotografías e imágenes satelitales, consultas a expertos y revisión bibliográfica. Tras sucesivas revisiones y análisis, se definió que 40 de los geositios cumplían con los criterios para ser parte del inventario, conformando de esta forma la lista final de geositios.

3.2.3

Etapa 3: Valoración cuantitativa

El objetivo final del estudio del patrimonio geológico es identificar los elementos con mayor valor para promover su conservación y facilitar su utilización y disfrute sostenibles. Una forma de disminuir la subjetividad en el proceso de priorización es mediante la valoración cuantitativa de cada geositio utilizando parámetros que reflejen numéricamente su importancia, su potencial de uso y su vulnerabilidad.

En este caso, lo que se busca con el inventario es constituir la base para la creación de un Geoparque Mundial de la UNESCO, por lo que se evaluaron parámetros concordantes con las tres principales áreas de trabajo que promueven las directrices de los geoparques: Valor Científico (VC), Potencial Turístico (PT), Potencial Educativo (PE), además de su Riesgo de Degradación (RD). Así se calculó el valor numérico de estos parámetros para cada geositio, para luego ordenarlos de mayor a menor, obteniendo en cada caso un ránking que permitió establecer objetivamente las prioridades básicas para establecer una estrategia de geoconservación. Finalmente se analizaron globalmente los resultados de la valoración cuantitativa de los geositios para cada criterio. En la sección 3.2.5 se explica con detalle el método utilizado en la cuantificación, basado en la propuesta de Brilha (2016) y adaptado a las singularidades del territorio.

3.2.4

Etapa 4: Análisis y productos finales

Con la información obtenida, se sintetizan y analizan los resultados para elaborar propuestas generales y específicas para la gestión de los geositios, entregándose los siguientes productos finales:

- Inventario de geositios del Cajón del Maipo, con información necesaria e imprescindible para una eventual postulación a la Red de Geoparques Mundiales de la UNESCO.
- Base de datos de geositios del geoparque, con cuantificación de VC, PT, PE y RD.
- Cartografía de geositios del geoparque.
- Tres videos de divulgación acerca del proyecto Geoparque Cajón del Maipo y su patrimonio geológico.

3.2.5

Parámetros de cuantificación

A continuación, se definen y describen los parámetros utilizados en la evaluación cuantitativa de los Geositios incluidos en el inventario, considerando para tal efecto estimar en cada uno de ellos: Valor Científico, Potencial Turístico, Potencial Educativo, además de su Riesgo de Degradación. Cada uno de los parámetros se compone de una serie de criterios a los que se asignan puntajes siguiendo para ello indicadores específicos. En este caso, cada uno de los criterios de evaluación se evalúa con notas de 0, 1, 2 y 4, puntajes que luego son ponderados según su relevancia para el parámetro que se quiere evaluar. Al multiplicar los puntajes por sus pesos relativos, finalmente se obtienen puntajes finales que van de 0 a 400, los que se pueden clasificar de manera general de la siguiente forma:

Valor numérico (VC-PT-PE)	Interpretación del puntaje
Puntaje < 200	Puntaje bajo
200 <= Puntaje < 300	Puntaje medio
300 <= Puntaje < 400	Puntaje alto

Evaluar de manera numérica el valor, el potencial de uso y el nivel de vulnerabilidad de cada Geositio permite establecer un diagnóstico general acerca de la existencia y el estado del patrimonio geológico del área, y mediante su análisis priorizar las acciones requeridas para la gestión en cada caso.

Valor Científico: Busca destacar los sitios de mayor interés para el estudio y la investigación en ciencias de la Tierra, considerando sus distintas disciplinas. Estos pueden destacar por su singularidad o por su representatividad. Además, se destacan los sitios en los que existe conocimiento científico y se mantengan íntegros en sus principales rasgos.

Cuantificación del Valor Científico (VC)			
Id	Peso %	Criterio	Descripción
A	30	Representatividad	Cualidad del sitio para ilustrar los elementos, rasgos o procesos geológicos que lo caracterizan
B	20	Localidad clave	Importancia de Geositio como modelo de referencia para alguna disciplina de las ciencias de la Tierra a nivel internacional, nacional o local
C	5	Conocimiento científico	Existencia de conocimiento científico e investigaciones publicadas que reflejan la relevancia del sitio
D	15	Integridad	Estado de conservación físico de los elementos que componen el sitio
E	5	Diversidad geológica	Diversidad de elementos geológicos con interés científico
F	15	Rareza	Singularidad de lso elementos o rasgos presentes en el sitio
G	10	Limitaciones al uso	Posibles limitaciones que puedan dificultar el uso científico del Geositio

Potencial Educativo: Se busca identificar los sitios con atributos que pueden ser utilizados en la enseñanza de la geología en centros educacionales de cualquier nivel (básica, media o superior). Se destacan los sitios que presenten rasgos con alto potencial didáctico, amplia diversidad de elementos, además de condiciones adecuadas de seguridad y accesibilidad para los estudiantes.

Cuantificación del Potencial Educativo (PE)			
Id	Peso %	Criterio	Descripción
A	10	Vulnerabilidad	Existencia de elementos que puedan ser destruidos por visitantes
B	10	Accesibilidad	Dificultad y duración de caminata entre medio de transporte y sitio
C	5	Limitaciones de uso	Existencia de limitaciones que impacten el potencial uso educativo del sitio
D	10	Seguridad	Condciones de riesgo para el desarrollo de actividades turísticas
E	5	Logística	Existencia de servicios para recibir estudiantes (alojamiento, alimentación, baños)
F	5	Estacionalidad para el uso	Cantidad de meses que el geositio puede ser visitado anualmente
G	5	Asociación con otros valores	Existencia de elementos naturales y/o culturales asociados con el sitio que puedan justificar visitas multidisciplinarias
H	5	Estética	Informa sobre la espectacularidad y belleza del paisaje
I	5	Unicidad	Mide la rareza de los elementos geológicos que pueden estimular sentido de satisfacción de estudiantes
J	10	Condiciones de observación	Calidad de condiciones de observación de los elementos geológicos
K	20	Potencial didáctico	Capacidad de los rasgos geológicos para ser comprendidos por estudiantes de distintos niveles (básico, medio o universitario)
L	10	Diversidad geológica	Diversidad de elementos geológicos con interés educativo

Potencial Turístico: Se busca identificar sitios con atributos que permitan el desarrollo de actividades de geoturismo. Se destacan los sitios que presenten rasgos con alto potencial interpretativo, paisajes de gran belleza escénica, además de condiciones adecuadas de seguridad y accesibilidad para los visitantes.

Cuantificación del Potencial Turístico (PT)			
Id	Peso %	Criterio	Descripción
A	10	Vulnerabilidad	Existencia de elementos que puedan ser destruidos por visitantes
B	10	Accesibilidad	Dificultad y duración de caminata entre medio de transporte y sitio
C	5	Limitaciones de uso	Existencia de limitaciones que impacten el potencial uso turístico del sitio
D	10	Seguridad	Condiciones de riesgo para el desarrollo de actividades turísticas
E	10	Logística	Existencia de servicios para recibir visitantes (alojamiento, alimentación, baños)
F	5	Estacionalidad para el uso	Cantidad de meses que el geositio puede ser visitado anualmente
G	5	Asociación con otros valores	Existencia de elementos naturales y/o culturales asociados con el sitio que puedan justificar visitas multidisciplinarias
H	15	Estética	Nivel de espectacularidad y belleza del paisaje
I	10	Unicidad	Mide la rareza de los elementos geológicos que pueden estimular sentido de satisfacción de visitantes
J	5	Condiciones de observación	Calidad de condiciones de observación de los elementos geológicos
K	10	Potencial de interpretación	Capacidad de rasgos geológicos para ser entendidos por público sin conocimientos geológicos
L	5	Proximidad con áreas recreativas	Presencia de sitios atractivos en las cercanías

Riesgo de Degradación: Busca cuantificar el riesgo al de degradación al que está sometido un sitio considerando su fragilidad intrínseca y su vulnerabilidad ante la actividad humana. Los principales criterios considerados son: Nivel de deterioro de los elementos, proximidad con actividades de riesgo potencial, nivel de protección legal, condiciones de acceso y existencia de recursos de interés para la extracción industrial.

Cuantificación de Riesgo de Degradación (RD)			
Id	Peso %	Criterio	Descripción
A	35	Deterioro de elementos geológicos	Posibilidad de pérdida de elementos geológicos por: (i) fragilidad intrínseca (tamaño, resistencia de roca, etc.) y acción natural (susceptibilidad e intensidad de erosión, etc.) y (ii) vulnerabilidad antrópica (turismo, agricultura, desarrollo urbano, vandalismo, etc.)
B	10	Actividades con potencial de degradación	Minería, infraestructura industrial, áreas recreacionales, caminos, áreas urbanas, etc.
C	20	Protección legal	Relacionado a la ubicación de un sitio en un área con protección legal de cualquier tipo, directa o indirecta, y de control de accesos (dueños, rejas, pago de entrada, minería)
D	15	Accesibilidad	Condiciones de acceso al sitio para el público general
E	10	Densidad de población	Revela el número de personas que viven cerca de un sitio y que pueden causar potencial deterioro al sitio debido al uso inapropiado
F	10	Interés para la industria	Refleja el actual o potencial interés económico industrial del geositio

En el caso particular del Riesgo de Degradación se utilizan rangos de puntajes distintos para establecer si es alto, medio o bajo. Esto se debe a dos razones: primero, porque este parámetro se ve condicionado por distintos factores que pueden no estar interrelacionados, por lo que, por ejemplo, algunos sitios presentan vulnerabilidad ante la extracción, otros son susceptibles al deterioro por expolio mientras otros son frágiles ante fenómenos naturales. Si un sitio es altamente degradable solo por uno de estos factores, su estado no siempre se refleja en su puntaje de RD. La segunda razón es porque se busca resaltar de mejor manera los Geositios en los que se deben ejecutar las acciones necesarias para su geoconservación efectiva.

Valor numérico de RD	Interpretación del puntaje
Puntaje < 150	Puntaje bajo
150 <= Puntaje < 250	Puntaje medio
250 <= Puntaje < 400	Puntaje alto

3.2.6

Resultado

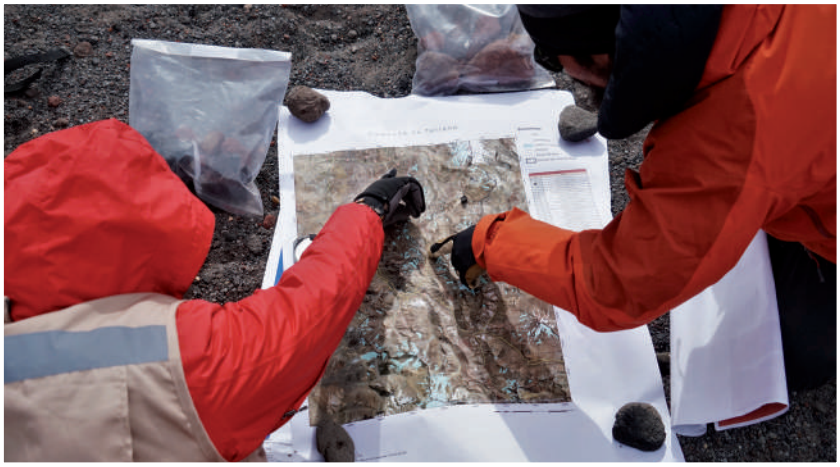
La aplicación de la metodología de trabajo recién descrita ha permitido identificar gran parte de los sitios de mayor interés geológico presentes en el Cajón del Maipo, y que en buena medida representan la geodiversidad y el patrimonio geológico que posee este territorio.

Combinando los antecedentes de la valoración cualitativa y cuantitativa obtenida para cada uno de los sitios estudiados, se han seleccionado en la lista final 40 sitios que cumplen con al menos uno de los dos siguientes criterios:

Alto Valor Científico: sitios que destacan por su representatividad y singularidad, donde se pueden desarrollar investigaciones y estudios orientados a reconstruir la historia geológica y los procesos que han modelado el paisaje de este territorio.

Alto Potencial Turístico y/o Educativo: sitios cuyas características permiten proyectar su aprovechamiento y disfrute sostenible a través de actividades de educación y de geoturismo.

En total, se han incluido en la lista final los 40 Geositios que cumplen con lo anterior y que en conjunto conforman el Inventario de Geositios del proyecto Geoparque Cajón del Maipo, donde se ha buscado reflejar el registro completo de edades, litologías, estructuras, fósiles, minerales y procesos que caracterizan la geodiversidad del área. Los resultados obtenidos se exponen en las siguientes páginas.



4

INVENTARIO DE GEOSITIOS DEL PROYECTO GEOPARQUE CAJÓN DEL MAIPO

4

Inventario de Geositios del proyecto Geoparque Cajón del Maipo

El Inventario de Geositios del proyecto Geoparque Cajón del Maipo está compuesto de 40 sitios de alto interés geológico presentes en la comuna los que han sido seleccionados tras un exhaustivo proceso de estudio y valoración. En las siguientes páginas se muestran fichas informativas de cada uno de los sitios incluidos en el inventario, los que se han agrupado en cinco zonas geográficas coincidentes con los límites que separan las principales cuencas hidrográficas del territorio (tabla 1 y figura 10):

- Valle del río Maipo - Zona Baja
- Valle del río Colorado
- Valle del río Yeso
- Valle del río Volcán
- Valle del río Maipo - Zona Alta

Cada geositio se presenta en una ficha que incluye:

Información descriptiva:

- Identificación: número, nombre, ubicación geográfica y área temática.
- Descripción geológica breve de sus principales rasgos.
- Condiciones de acceso, uso actual y propuestas de gestión sostenible.
- Fotografías representativas del geositio.

Valoración cuantitativa:

- Puntaje calculado de Valor Científico, Potencial Turístico, Potencial Educativo y Riesgo de Degradación, con valores desde 0 a 400. Además, se indica su lugar en el ránking respectivo (de 1 a 40).
- Diagrama radial que muestra los puntajes obtenidos al en cada criterio considerado al evaluar el Valor Científico de cada geositio (de 0 a 4).
- Diagrama triangular que muestra la valoración general del geositio para los parámetros de Valor Científico, Potencial Turístico y Potencial Educativo.
- Indicador del nivel de Riesgo de Degradación (bajo, medio o alto).

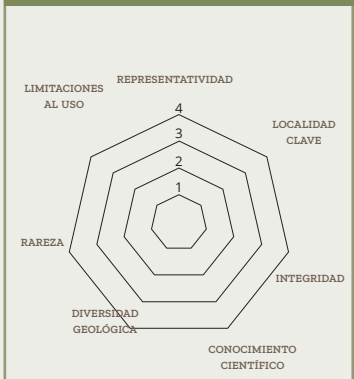
Ejemplo de tabla Ranking y Puntaje

RANKING Y PUNTAJE

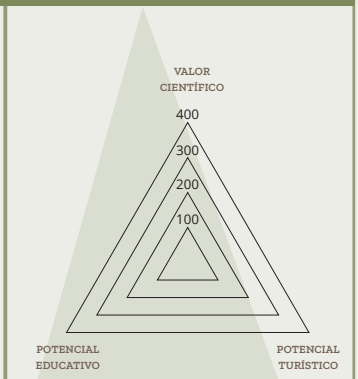
- /40	- /40	- /40	- /40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
- /400	- /400	- /400	- /400

Ejemplo de gráficos de Valor Científico y Valoración General

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL

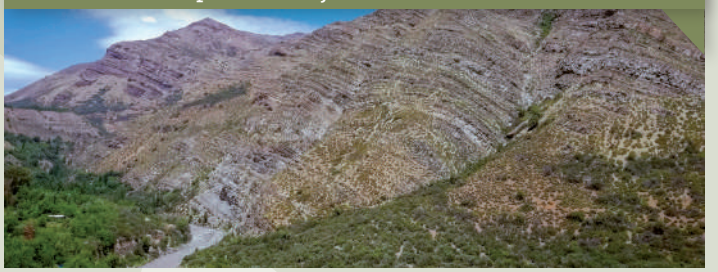


Ejemplo de indicador de Riesgo de Degradación

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

Valle del Río Maipo - Zona Baja



Valle del Río Colorado

Valle del Río Yeso

Valle del Río Volcán

Valle del Río Maipo - Zona Alta

N°	Nombre del Geositio	Área Temática	Zona geográfica
1	Plutón La Obra	5	Valle del río Maipo - Zona Baja
2	Terrazas fluviales de Las Vertientes	7	
3	Remoción en masa Cerro Divisadero	1	
4	Cerro Likán	3	
5	Anticlinal del Maipo	4	
6	Cascada de las Ánimas	7	
7	Vuelta del Padre	4	
8	Mirador de Cóndores	3	Valle del río Colorado
9	Plutón La Gloria	5	
10	Parque Río Olivares	2	
11	Volcán Tupungatito	3	
12	Ignimbrita de Los Piches	3	Valle del río Yeso
13	Cascada El Yeso	7	
14	Embalse el Yeso	11	
15	Laguna Negra	2	
16	Glaciar Echaurren Norte	2	
17	Cerro Aparejo	2	
18	Termas del Plomo	9	
19	Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel	5	Valle del río Volcán
20	Distrito minero El Volcán	8	
21	Anticlinal volcado del valle El Volcán	4	
22	Plutón Los Lunes	5	
23	Remoción en masa Las Amarillas	1	
24	Morrena del Morado	2	
25	Laguna Morales	2	
26	Sistema Glaciar El Morado - San Francisco	2	
27	Estratos marinos de Lo Valdés	10	
28	Punta Zanzi	6	
29	Remociones en masa La Silla del Diablo	1	
30	Icnitas del valle de Las Arenas	10	
31	Glaciar colgante El Morado	2	
32	Termas Baños Colina	9	
33	Cárcavas de Colina	7	
34	Glaciar Nieves Negras	2	
35	Volcán San José	3	
36	Puente El Cristo	7	Valle del río Maipo - Zona Alta
37	Termas Puente de Tierra	9	
38	Columnas Basálticas Cruz de Piedra	3	
39	Remoción en masa Los Monjes	1	
40	Centro Eruptivo Volcán Maipo - Caldera Diamante	3	

Tabla 1: Lista final de geositios del inventario separados por zonas geográficas.

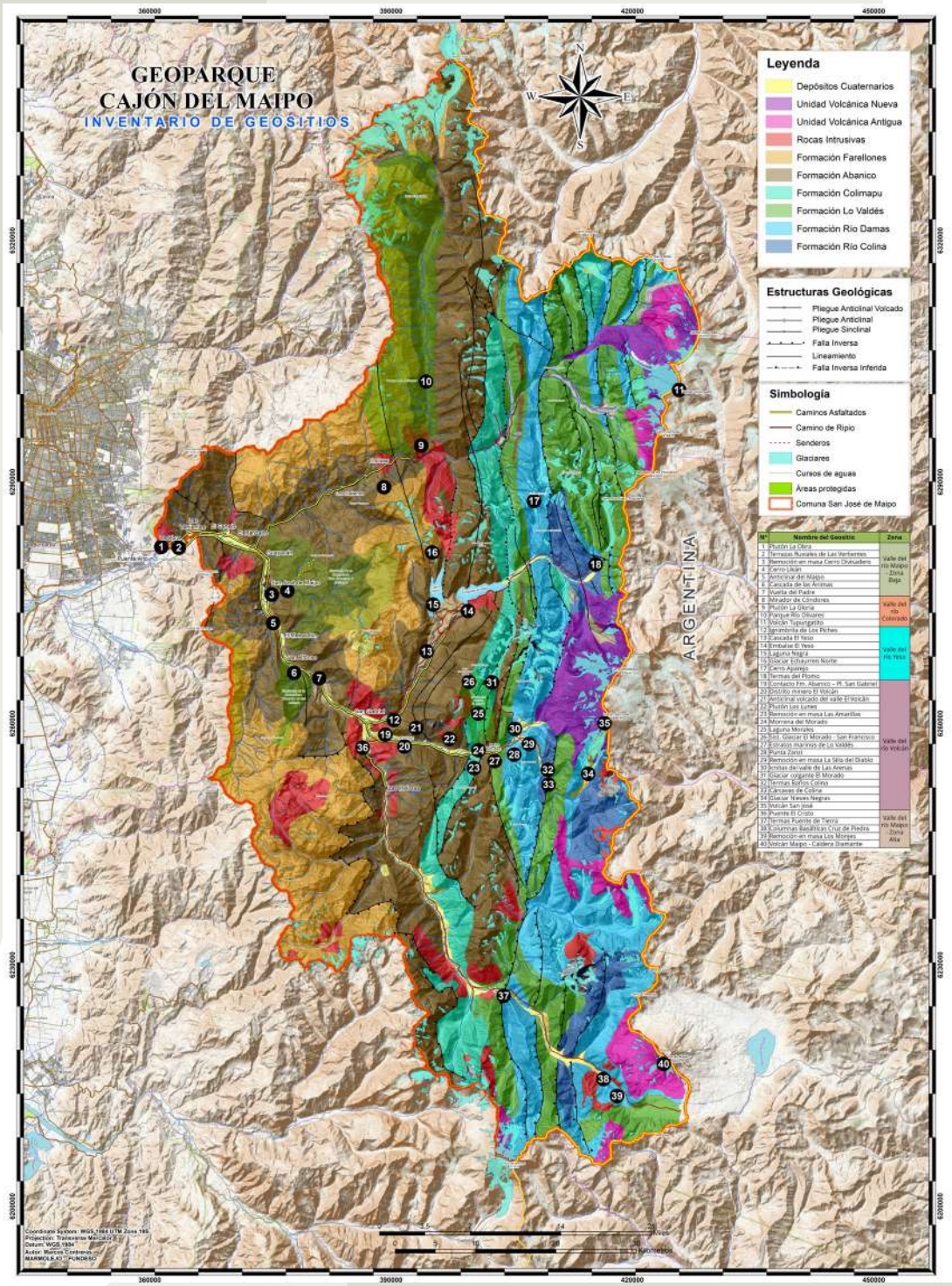


Figura 10: Geología de San José de Maipo y distribución geográfica de los geositios del inventario. Los números de geositios se muestran en la Tabla 1 (elaboración propia). La descripción detallada de las formaciones y estructuras geológicas se puede encontrar en trabajos especializados como Fock (2005) o Benado (2013). La base geológica es la misma que en la figura 4 (Benado, 2013; Bustamante et al., 2010; Calderón, 2008; Fock, 2005; Thiele (1980))).

ZONA 1

Valle del Río Maipo - Zona baja

El valle del río Maipo bajo cubre aproximadamente 670 km^2 de superficie, sumando el 13% de la extensión comunal. Esta zona del área de estudio concentra la gran mayoría de la población habitante de este territorio, especialmente en poblados como La Obra, Las Vertientes, El Canelo, El Manzano, Guayacán, Melocotón, San Alfonso, El Ingenio, San Gabriel y la capital comunal, la ciudad de San José, entre algunos otros. Todos ellos se encuentran conectados por la principal ruta de la comuna, la ruta G-25. Este valle es donde se concentra la gran mayoría de los servicios de abastecimiento, alimentación, alojamiento y turismo en general, siendo a la vez el área con mejor conectividad y señales de comunicación. Uno de los geositios destacados de esta zona es Cascada de las Ánimas, que en el ranking de potencial educativo posee el segundo puesto, y en el ranking de potencial turístico posee el sexto lugar, siendo en la práctica el mayor centro turístico de la comuna. Además, destaca el geositio Cerro Likán con el séptimo puesto en potencial educativo, tratándose de uno de los pocos sitios de toda la comuna con infraestructura completamente habilitada para el desarrollo de actividades educativas en interior y también al aire libre.

G-01 · Plutón La Obra

El geositio "Plutón La Obra" es el primer geositio en ser avistado dentro del territorio del Geoparque, y pertenece al área temática de Rocas Intrusivas. El territorio del Cajón del Maipo, en su flanco occidental, se encuentra conformado por rocas volcánicas y sedimentarias Cenozoicas, principalmente de las Formaciones Abanico y Farellones, que se encuentran intruidas por rocas plutónicas del Mioceno, como lo es el Plutón La Obra (Thiele, 1980 en Benado, 2013). Debido al dinamismo de los procesos geológicos asociados, el desarrollo del plutonismo ha sido continuo en el tiempo, dándose en primer lugar aquellos que se encuentran en la zona occidental de este territorio y los más nuevos en la zona oriental. Por lo tanto, este geositio se trata del Plutón más antiguo de toda la comuna, con una edad entre los 19 y 20 Ma aproximadamente (Benado, 2013).

A simple vista se presenta como un cerro común, bastante similar a los otros cerros de la zona. Esto en parte se debe a la cobertura vegetacional perteneciente al Bosque de tipo Esclerófilo, que no permite una observación directa de sus particularidades geológicas. Sin embargo, desde ciertos puntos de la ruta, se puede observar un gran escarpe que forma parte de la vigente explotación artesanal de la denominada Cantera La Obra, utilizada para la obtención de distintos productos asociados.

Esto a pesar de representar un elemento cultural, histórico e identitario en la zona, ha conllevado a que este geositio se encuentre entre los mayores niveles de riesgo de degradación en la comuna.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Rocas Intrusivas	800 m.s.n.m (ruta)	Poblado La Obra	WGS 84 - 19H 361752 E 6281873 S	Cuerpo plutónico más antiguo de la comuna, rocas intrusivas, granodiorita.

OTROS VALORES	Valor cultural asociado a los canteros de La Obra. Importancia económica debido a la explotación del granito.

ACCESIBILIDAD

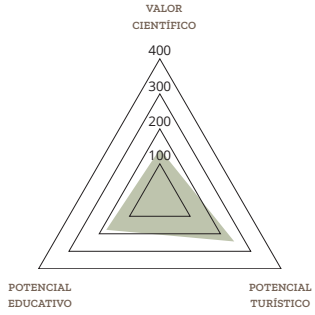
Este geositio se encuentra inmediatamente a un costado de la ruta G-25 y puede ser observado desde allí, pero no es fácil encontrar una vía que permita tocar el afloramiento o caminar sobre él. En particular, a la zona actualmente explotada es posible acceder de lunes a viernes previa solicitud a las personas que se encuentran trabajando en el sector (Benado, 2013).

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Actualmente el Plutón La Obra se encuentra bajo explotación minera de baja escala, por lo que su acceso es restringido para el público general. A pocos metros se encuentra un centro turístico de buena infraestructura y oferta turística. En este sentido, se sugiere que este centro turístico ofrezca actividades asociadas a la comprensión geológica y científica de este geositio. Una forma de hacerlo sería a través de una ruta turística, que apunte hacia la comprensión de la relación que ha tenido históricamente la geología con el desarrollo cultural e identitario del ser humano, utilizando este geositio como una parada de referencia.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

40/40	25/40	35/40	2/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
130/400	250/400	185/400	330/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G09 - Plutón La Gloria

G19 - Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel

G22 - Plutón Los Lunes

Área geográfica:

G02 - Terrazas Fluviales de Las Vertientes

G-02 · Terrazas Fluviales de Las Vertientes

Los relieves y los procesos fluviales son los elementos dominantes en las superficies continentales en la actualidad. Estos procesos realizan actividades geológicas de erosión, transporte y deposición. Como consecuencia de esto, existen dos grandes grupos de relieves fluviales; relieves erosionales y relieves deposicionales (Strahler & Strahler, 1989). Estos procesos se van alternando y correlacionando, llegando en muchos casos al desarrollo de sistemas de terrazas fluviales, como lo es el caso del geositio "Terrazas de Vertientes".

En el Cajón del Maipo, prácticamente todos los valles principales de la comuna presentan sistemas de terrazas, siendo el río Maipo el principal rasgo geomorfológico de la zona, tanto por extensión como por ser el principal modelador del paisaje (Álvarez, 2006). Sobre ellas se han construido los poblados, los caminos, las áreas de cultivo, entre otros, siendo tal vez el rasgo geomorfológico más llamativo del Geoparque (Benado, 2013).

Además, los cursos fluviales y sus formas se interrelacionan dinámicamente con todos los otros tipos de geoformas, modelando todo a su paso.

En el año 1835, Charles Darwin en su paso por el Cajón del Maipo tuvo la oportunidad de admirar y describir científicamente estas terrazas, logrando comprender de mejor manera el origen de estas formas, es decir, que su desarrollo es de manera paulatina y gradual, y no a través de un episodio puntual y catastrófico como en la época se creía. De hecho, en uno de sus libros menciona específicamente la particularidad de las terrazas que se encuentran en este geositio, , mencionando que fue uno los elementos geológicos que más le llamo la atención de todo su recorrido por América del Sur.

En el caso específico de Terrazas de Vertientes, se pueden ver al menos tres niveles escalonados de terrazas, y además una zona habitualmente usada para la extracción de áridos.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Morfología Fluvial	785 m.s.n.m (observación)	Poblado Las Vertientes	WGS 84 - 19H 362644 E 62825315 S	Sistema de terrazas fluviales, estratificación fluvial, depósitos actuales de sedimentos (barras laterales y frontales).

OTROS VALORES	Historia actual (Pinochet 1986) e historia antigua (Darwin 1835). Importancia económica debido a la extracción de áridos.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

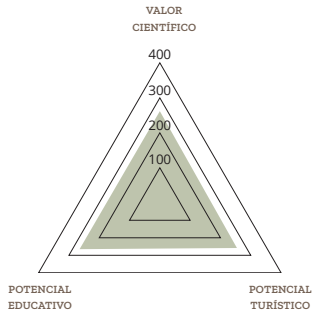
Este geositio se encuentra actualmente siendo explotado a través de la extracción de áridos del lecho del río Maipo. A modo general, se sugiere la generación de un convenio con alguno de los locales comerciales de la zona, para lograr un buen punto de observación del sistema de terrazas, y para contar con la capacidad de acogida necesaria en caso de visitas de grupos de estudiantes y/o turistas.

ACCESIBILIDAD

Un buen punto de observación para este geositio es un restaurante local llamado "Vista al Río", que se encuentra a un costado de la ruta G-25, en los primeros kilómetros entrando a la comuna de San José de Maipo. Desde varios puntos de los poblado La Obra y Las Vertientes se tiene una buena vista a este sistema de terrazas desde el vehículo, ya que en general no se dan espacios óptimos para la detención de buses o vehículos particulares (Benado, 2013).

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
21/40	14/40	11/40	3/40
270/400	270/400	275/400	310/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G36 - Puente el Cristo
G33 - Cárcavas de Colina
G13 - Cascada el Yeso

Área geográfica:

G01 - Plutón La Obra

G-03 · Remoción en masa Cerro Divisadero

El geositio "Cerro Divisadero" es el geositio ícono del poblado de San José, pudiendo ser observado desde distintos puntos del poblado. Se trata de una remoción en masa, específicamente un deslizamiento de tipo rotacional, ocurrido en octubre del año 1997 (Carrasco, 2000 en Álvarez, 2006). Este deslizamiento estuvo acompañado por flujos de barro constituidos por un sedimento mal seleccionado, con clastos volcánicos angulosos cuyos tamaños van desde milimétricos a decimétricos, en una matriz limo-arcillosa. Además, se presentan bloques muy ocasionales que llegan a medir 2m de diámetro (Carrasco, 2000 en Álvarez, 2006).

Según Carrasco (2000) los factores que han condicionado el desarrollo de este deslizamiento son principalmente geomorfológicos y geológicos, mientras que los agentes gatillantes serían esencialmente climáticos, reconociendo a las precipitaciones como un factor de influencia relevante (Álvarez, 2006).

Luego, en septiembre del año 1999 ocurrieron nuevos flujos que alcanzaron el centro hospitalario Elba Guarategua Peña, que se encuentra sobre la terraza fluvial superior del río Maipo (Benado, 2013). Finalmente, en el año 2005 se constató la presencia de grietas de tracción abiertas dentro de la masa perteneciente al deslizamiento del año 1997, lo cual sugirió un grado de actividad importante de la masa deslizada, y que ésta no se encontraba estabilizada (Sepúlveda et. al., 2010 en Benado, 2013).

Se han realizado estudios en los que se han identificado zonas de escarpes y grietas, permitiendo crear mapas de los peligros geológicos asociados. Además, se sugirieron medidas de mitigación al respecto (Benado, 2013). Una de ellas corresponde a las piscinas de contención que fueron construidas en la parte trasera del centro hospitalario antes mencionado, como se puede ver en la imagen.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Remociones en Masa	1.080 m.s.n.m (base) 1.240 m.s.n.m (ápice)	Poblado San José	WGS 84 - 19H 375491 E 6276304 S	Zona de deslizamiento rotacional con derivación en flujos detríticos, grietas de tracción, caída de rocas.

OTROS VALORES	Especies vegetales poco comunes como el Guayacán. Debido al riesgo asociado, ha pasado a formar parte de la cultura popular del sector, incluso construyéndose obras de mitigación.

ACCESIBILIDAD

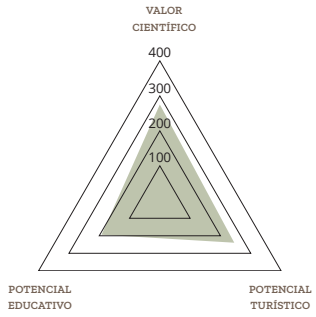
Al cerro Divisadero se accede por el camino a Lagunillas (~Km 2), que se encuentra muy cerca del poblado San José. Este camino se encuentra pavimentado y en buenas condiciones. Sin embargo, debido a la cicatriz dejada por el deslizamiento, para tener acceso al sector y a elementos geológicos más específicos, se debe pasar una reja de protección y la ladera del cerro puede llegar a ser resbaladiza. Se recomienda visitar el lugar siempre acompañado y teniendo precaución (Benado, 2013).

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Actualmente el geositio no presenta ningún tipo de uso activo. Las mejores condiciones para apreciar la remoción se logran desde el poblado San José, por lo que se sugiere que en esta zona se habilite un mirador seguro para su observación, acompañado de información que permita comprender el geositio sin necesidad de un guía.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
17/40	26/40	32/40	12/40
285/400	240/400	195/400	190/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G23 - Remoción en Masa Las Amarillas
G29 - Remoción en Masa Silla del Diablo
G39 - Remoción en Masa Los Monjes

Área geográfica:

G04 - Cerro Likán
G05 - Anticlinal del Maipo
G06 - Cascada de las Ánimas

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

G-04 · Cerro Likán

Este geositio es parte del Cerro Likan, en el sector de Camino a Lagunillas. Su ladera norte se caracteriza por su escarpe de más de 100 m de altura, donde se observan estratos subhorizontales de depósitos volcánicos que tienen potencias entre 0,5 a 4 m. En ellas se presentan colores en general blanquecinos con tonalidades marrón y púrpura.

Según el Mapa Geológico Chileno (Thiele, 1980), las rocas que forman este geositio corresponden a la Formación Abanico, pero otras fuentes como Fock (2005) indican que pertenecen a la Formación Farellones, que es más reciente y se caracteriza por sus rocas volcánicas subhorizontales.

Otro elemento geológico para considerar es que estos depósitos volcánicos estratificados se encuentran intruídos por diques ígneos de color blanquecino de manera irregular, los que muestran espesores de hasta 5 m de ancho. Este fenómeno es muy común en toda la zona del Camino a Lagunillas, encontrándose diques de gran longitud que irrumpen de manera posterior a la depositación de los estratos volcánicos, rompiendo con la armonía de estos depósitos casi perfectamente dispuestos.

Además, este geositio se relaciona con el estero San José que fluye por su base. Se trata de un estero que posee una cuenca hidrográfica de gran extensión, y que se ha asociado en los últimos años a la ocurrencia de varios aluviones o flujos de detritos, generando consecuencias paisajísticas y pérdidas humanas importantes. Un ejemplo actual de lo anterior es el aluvión ocurrido en el mes de febrero del año 2017, que además de generar un cambio paisajístico muy abrupto debido al relleno del lecho fluvial, cobró la vida de varias personas que pernoctaban en las orillas del curso de agua. Por lo tanto, se recomienda tomar las medidas pertinentes en caso de visitar el sitio.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Volcanismo	1.270 m.s.n.m (observación)	Camino a Lagunillas (~Km 6)	WGS 84 - 19H 377051 E 6276512 S	Estratos volcánicos, diques ígneos.

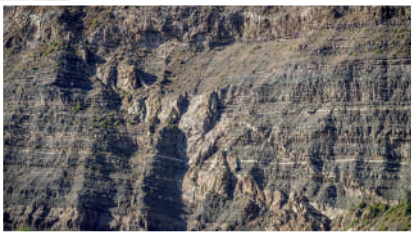
OTROS VALORES	Adyacente a Monumento Histórico Túnel Tinoco. Valor Arquitectónico.

ACCESIBILIDAD

Este geositio puede ser observado desde distintos puntos de la ruta hacia Lagunillas. Sin embargo, este depósito de rocas volcánicas no presenta un acceso directo y abierto para la población en general. Una buena forma de acceder a los atributos geológicos de este geositio es a través de los senderos presentes en el parque educativo Likandes ubicado en esta zona.

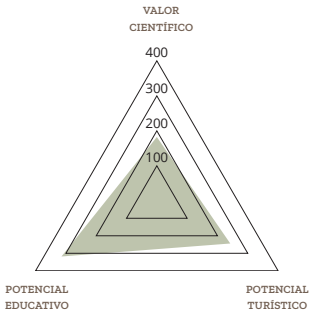
USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio en la actualidad no presenta ningún uso activo desde el punto de vista geológico. Sin embargo, adyacente a este sitio se encuentra el Parque Educativo Likandes, que cuenta con acceso a esteros y quebradas, encontrándose especialmente habilitado para potenciar a la Cordillera de los Andes como un territorio privilegiado para el aprendizaje. Este parque es visitado regularmente por estudiantes de distintas edades y lugares de Chile. Por lo tanto, debido a la buena ubicación de este parque respecto al geositio, se recomienda el trabajo constante con estudiantes de la comuna de San José de Maipo, en el que se les enseñe acerca de la geología de esta comuna, y del Cerro Likán como un ejemplo claro de aquello. A modo de complemento, sería de gran utilidad la instalación de un panel dentro del parque que explique de manera gráfica y esquemática estos contenidos.



VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

33/40	14/40	7/40	30/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
190/400	270/400	305/400	130/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G08 - Mirador de Cóndores
G12 - Ignimbrita Pudahuel en Los Piches
G38 - Columnas Basálticas Cruz de Piedra

Área geográfica:

G03 - Remoción en Masa Cerro Divisadero
G05 - Anticlinal del Maipo
G06 - Cascada de las Ánimas

G-05 · Anticlinal del Maipo

Entre el sector sur del pueblo San José y la localidad de San Alfonso, es fácilmente distinguible un gran pliegue anticlinal que presenta su eje aproximadamente coincidente con el río Maipo. Sus rocas han sido descritas como acumulaciones volcanoclásticas, pertenecientes a las formaciones Abanico y Farellones (Aguirre, 1999 en Benado, 2013).

Los niveles superiores dentro de esta estructura tienen edades comprendidas entre 21 y 22 millones de años (Zurita, 1999 en Fock, 2005 en Benado, 2013), lo cual indicaría que las rocas se plegaron posterior a los 21 millones de años. Subsiguientemente y hasta la actualidad, el río Maipo ha ido erodando el eje central del pliegue anticlinal, formando el valle actual y dejando como vestigios los cerros laterales que presentan estratos de inclinaciones opuestas (Benado, 2013).

Este geositio, a diferencia de la mayoría de los que han sido destacados en esta guía, se trata de un geositio de tipo regional, con varios kilómetros de extensión y observable desde distintos puntos de la ruta G-25.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Deformación tectónica	1.000 m.s.n.m (observación)	Desde poblado San José hasta poblado San Alfonso	WGS 84 - 19H 376733 E 6268152 S	Pliegue anticlinal de gran dimensión, plegamiento regional.

OTROS VALORES	Es utilizado en carreras universitarias asociadas a las Ciencias de la Tierra.

ACCESIBILIDAD

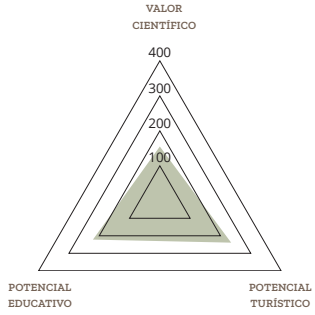
Los elementos geológicos de este geositio pueden ser observados desde distintos puntos comprendidos entre el poblado San José y el poblado San Alfonso. Se trata de un geositio de varios kilómetros de extensión por lo que no existe un punto único de observación, como sucede en la mayoría de los casos. No obstante, se debe tener en cuenta que en esta zona la ruta G-25 se encuentra en muy buen estado y siempre pavimentada, por lo que puede ser visitado en cualquier tipo de vehículo. En toda la extensión del geositio existen senderos y caminos de montaña que permiten apreciar de cerca la composición de las rocas que componen los depósitos sometidos al plegamiento regional.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

El geositio es ocasionalmente aprovechado por excursiones universitarias, siendo observado desde distintos puntos. Al tratarse de un geositio de gran extensión territorial, es naturalmente destino de personas que realizan excursiones y caminatas en los alrededores de los poblados de Melocotón y San Alfonso principalmente. Se sugiere la identificación y habilitación de uno o dos miradores en los que se puedan observar de manera óptima sus atributos geológicos, cada uno de ellos con un respaldo informativo que permita la comprensión de los procesos geológicos asociados.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
36/40	26/40	26/40	33/40
165/400	240/400	220/400	120/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G07 - Vuelta del Padre
G21 - Anticlinal Volcado del valle El Volcán
G27 - Estratos Marinos de Lo Valdés

Área geográfica:

G03 - Remoción en Masa Cerro Divisadero
G04 - Cerro Likán
G06 - Cascada de las Ánimas

G-06 · Cascada de las Ánimas

Cascada de las Ánimas es un predio que cuenta con 3600 hectáreas de montañas, valles, vertientes, ríos y cascadas, una de las cuales le da el nombre al lugar. El santuario posee quebradas de abruptas laderas que sirven de cauce natural para el sistema hidrográfico de la zona. De clima mediterráneo, este sector posee una flora y vegetación nativa de tipo esclerófila y xerófita característica de la precordillera andina. Entre este tipo de especies se pueden encontrar el quillay *(Quillaja saponaria)*, litre *(Lithraea caustica)*, maitén *(Maytenus boaria)*, algunas cactáceas y una gran diversidad de flores silvestres. Asimismo, el lugar es hábitat de variadas especies animales como el zorro culpeo *(Lycalopex culpaeus)*, zorro chilla *(Lycalopex griseus)*, puma *(Puma concolor)*, así como de una importante variedad de avifauna.

Durante los últimos 20 años, los propietarios han llevado a cabo un plan de reforestación y riego, mediante el cual se han plantado más de 30 mil árboles nativos. También existen proyectos de recuperación de erosión e introducción de especies en peligro de extinción, en consonancia con el compromiso de conservación que establece el reglamento de Áreas Silvestres Protegidas. Algunos de éstos son el refugio animal de fauna nativa y la huerta orgánica.

En virtud de ser un patrimonio natural con flora y fauna nativa típicos de la zona precordillerana y gran belleza escénica, es que en 1995 es declarado Monumento Nacional en la categoría de Santuario de la Naturaleza. En la actualidad, la propiedad pertenece a la Sociedad Agrícola y de Turismo Cascada de las Ánimas Ltda., quienes han aprovechado el lugar para desarrollar el ecoturismo, agricultura orgánica y actividades de recreación ambiental (Consejo de Monumentos Nacionales de Chile, s/f).

El principal atractivo geológico de este geositio es su cascada, conocida como "Cascada de las Ánimas". Se trata de un salto de agua generado por un abrupto desnivel del cauce, siendo este generado por la erosión diferencial del agua sobre depósitos rocosos de diferente dureza.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Morfología Fluvial	1.115 m.s.n.m (entrada)	Poblado San Alfonso	WGS 84 - 19H 378167 E 6266864 S	Curso de agua, cascadas, afloramientos de rocas volcánicas.

OTROS VALORES	Flora esclerófila y xerófita andina, fauna nativa (mamíferos, reptiles, aves).

USO ACTUAL Y PROPUESTA

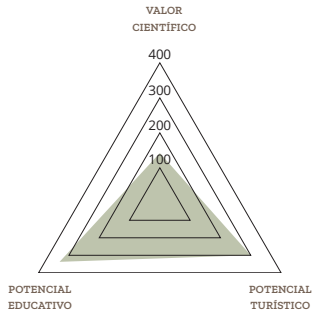
Actualmente Cascada de Las Ánimas constituye uno de los mayores centros turísticos del Cajón del Maipo, ofreciendo una amplia gama de servicios y experiencias turísticas al visitante, con orientación al ecoturismo. Cuenta con restaurant, distintos tipos de alojamiento y actividades al aire libre, como cabalgatas, caminatas, rafting o tirolesa. Es uno de los pocos lugares de la comuna que cuenta con senderos equipados y algo de cartelería interpretativa. Se propone dotar a las actividades existentes con la enseñanza de la geología del lugar. Por ejemplo, crear una geo cabalgata o geo caminatas. Además, se alienta a promover la visita de establecimientos educacionales de la comuna a conocer este Santuario de la Naturaleza.

ACCESIBILIDAD

La entrada a Cascada de las Ánimas se encuentra en el poblado de San Alfonso, a orillas del camino principal (ruta G-25), por lo que presenta una accesibilidad muy buena. Dentro de esta se pueden realizar tres caminatas guiadas de distinta dificultad por senderos habilitados: Caminata a la Cascada (1:30 horas, dificultad baja), Caminata a la meseta (3:00 horas, dificultad media) y Caminata a La Campana (5:00 horas, dificultad media alta), además de visitas en cabalgata.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
160/400	300/400	330/400	135/400

37/40	6/40	2/40	28/40

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G02 - Terrazas Fluviales de Las Vertientes
G13 - Cascada El Yeso
G36 - Puente el Cristo

Área geográfica:

G05 - Anticlinal del Maipo
G07 - Vuelta del Padre

G-07 · Vuelta del Padre

Este geositio representa una gran barrera rocosa, cuyos diferentes estratos son claramente diferenciables entre sí, y podrían pertenecer tanto al techo de la Formación Abanico, como a la base de la Formación Farellones. Estos estratos presentan una variación en su espesor, que van desde los 50cm hasta los 3m aproximadamente. En la ladera sur de esta zona es posible observar un par de pliegues sinclinal-anticlinal apretados y cercanos entre sí, de gran belleza escénica, y muy representativos de procesos de deformación tectónica. En el límite este de la curva, es posible observar morfologías fluviales como superficies pulidas y marmitas de gigante (Benado, 2013).

Ormeño (2007) destacó una serie de particularidades para esta curva: 1) el valle se presenta anómalamente estrecho. Mientras aguas arriba y abajo el valle medido a través de su terraza principal presenta un ancho promedio de ~300m, en esta zona no supera los 100 m; 2) a pesar de ser un sustrato de alta dureza, en este sector el río Maipo adquiere un claro patrón meandriforme y presenta un aumento en su índice de sinuosidad; 3) en los sectores cercanos a la curva las pendientes del río Maipo son relativamente bajas, mientras que en la Vuelta del Padre se eleva drásticamente. Este cálculo se genera considerando el largo de río considerado, y su desnivel en ese mismo trecho.

Un elemento a favor de este geositio es que se encuentra justo frente al Túnel Tinoco, el cual fue declarado Monumento Histórico de manera oficial. Se trata de una importante obra de ingeniería "tallada" en la roca y de una longitud de 645 metros, que tiene un gran valor histórico asociado a la antigua minería de la zona.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Deformación tectónica	1.140 m.s.n.m (ruta)	Túnel Tinoco, Sector Cruce Ingenio	WGS 84 - 19H 381177 E 625516 S	Tectonismo, erosión fluvial, plegamiento.

OTROS VALORES	Adyacente a Monumento Histórico Túnel Tinoco. Valor Arquitectónico.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

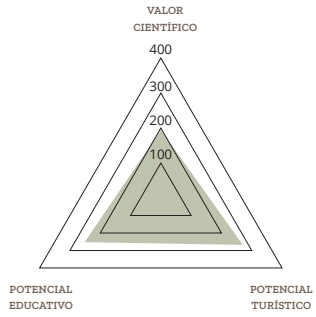
Actualmente este geositio es utilizado con muy poca frecuencia por la educación universitaria, en algunas carreras de las Ciencias de la Tierra. Por otro lado, hasta el momento no funciona como atractivo turístico por sus cualidades geológicas, pero si por sus cualidades arquitectónicas e históricas, asociadas al Túnel Tinoco. Por esto, se sugiere que el turismo de esta zona adhiera este geositio dentro de sus contenidos. Además, se puede hacer un nexo interesante entre la geología y la historia asociada al Túnel Tinoco y la minería.

ACCESIBILIDAD

Este geositio puede ser visto desde el vehículo en la ruta G-25, que se encuentra pavimentada y en buen estado. El punto óptimo de parada y observación se encuentra ~4km valle arriba del poblado San Alfonso, y ~3km valle abajo desde el cruce hacia El Ingenio. Desde aquel punto se tiene visión hacia los distintos elementos geológicos que han sido mencionados, y además se tiene acceso hacia el interior del Túnel El Tinoco, que es considerado Patrimonio Histórico oficial a nivel nacional.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

30/40	11/40	15/40	30/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
195/400	285/400	260/400	130/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G05 - Anticlinal del Maipo

G21 - Anticlinal volcado del Valle El Volcán

Área geográfica:

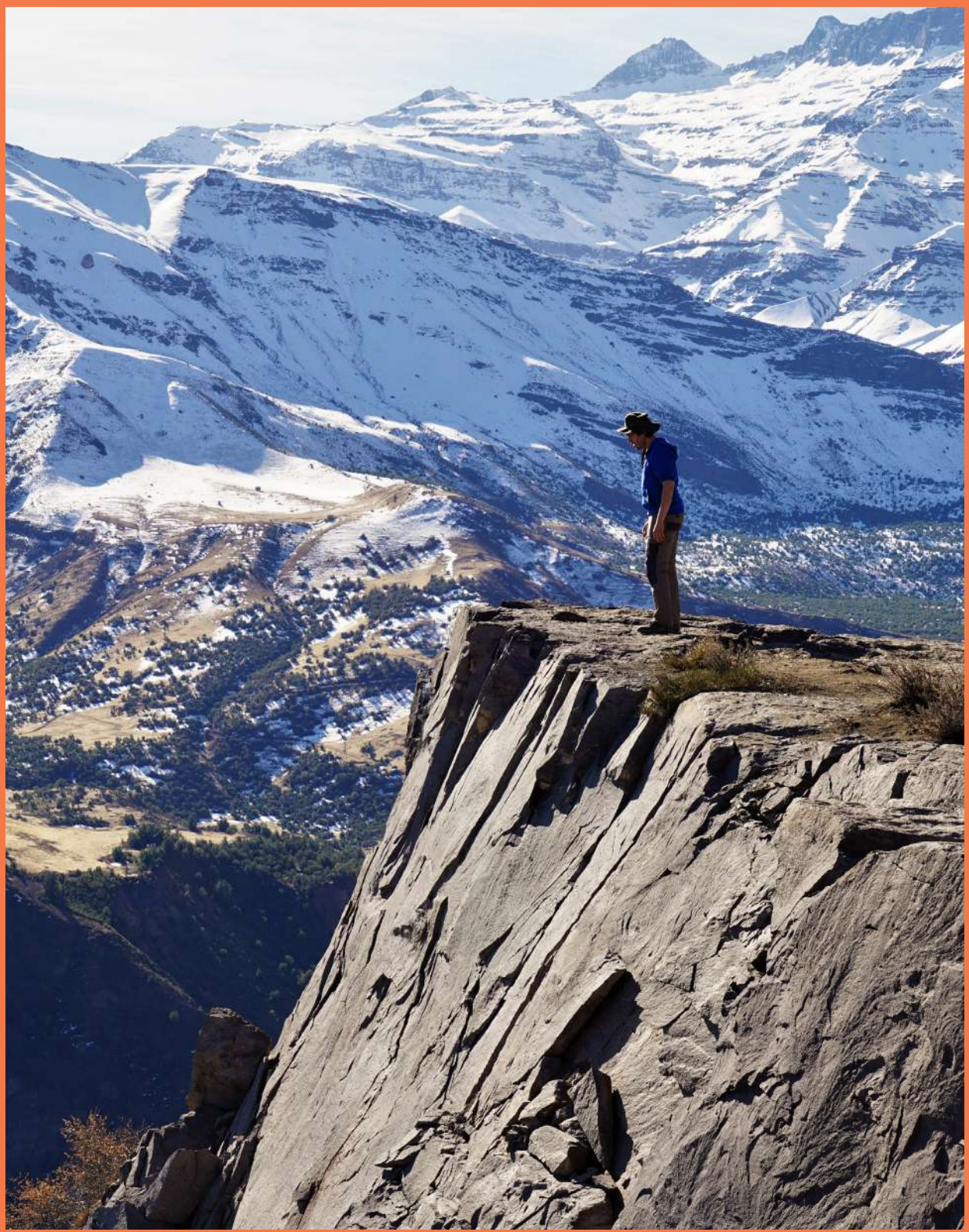
G05 - Anticlinal del Maipo

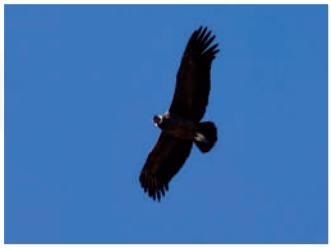
G06 - Cascada de las Ánimas

ZONA 2

Valle del Río Colorado

El valle del río Colorado cubre aproximadamente 1.670 km² de superficie, significando un 33% de la superficie comunal, y un 11% de la superficie total de la Región Metropolitana. En él se encuentran algunos pequeños poblados como Los Maitenes y El Alfalfal, unidos a través de la ruta G-345. Se trata del valle más extenso de este territorio, pero al mismo tiempo, el que contiene la menor cantidad de geositios en el inventario, aunque algunos de ellos destacan fuertemente. El geositio Volcán Tupungatito se encuentra en el cuarto puesto del ranking de valor científico, siendo objetivo de diversas expediciones con fines científicos y deportivos de alta montaña. Por otro lado, el geositio Mirador de Cóndores se posiciona en el noveno lugar del ranking de potencial turístico, instalándose en los últimos años como uno de los sitios más atractivos y populares del Cajón del Maipo.





G-08 · Mirador de Cóndores

El Mirador de Cóndores se ubica en el flanco sureste del valle del río Colorado, y constituye un excelente lugar de observación de rasgos geológicos y geomorfológicos de la cordillera andina. En el sendero de ascenso desde la ruta hasta el mirador, es posible observar afloramientos de diversos tipos de rocas del Cenozoico y depósitos cuaternarios.

El mirador se ubica en una meseta formada por estratos volcánicos, volcanoclasticos y sedimentarios que presentan un buzamiento de unos 15-20° hacia el sureste, formando parte de la Formación Farellones (Fock, 2005). Estas rocas son de edad Eoceno superior-Mioceno inferior, y habrían sido depositadas en un ambiente extensivo hace unos 15 a 40 millones de años. Luego de su deposición, habrían sufrido un evento de deformación que las dispuso en esta orientación distinta a la horizontal, para luego ser erosionadas y disectadas por la erosión fluvial del río Colorado, pudiendo observarse su continuación en la ladera opuesta del valle.

Los estratos que conforman la superficie del mirador han sido expuestos por la erosión diferencial de las distintas capas de roca, siendo la superior más resistente a la acción del agua que las que la subyacen. Esto permite que desde el mirador se tenga una espectacular vista del valle del rio Colorado, formando un farellón rocoso de varias decenas de metros de desnivel. Además, desde el mirador se puede observar la cumbre del imponente volcán Tupungato hacia el noreste, siendo éste el punto más alto del Cajón del Maipo con 6.570 m.s.n.m.

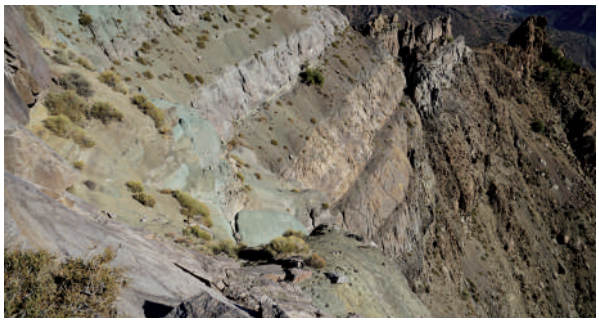
En este lugar es muy frecuente observar cóndores *(Vultur gryphus)* y águilas moras *(Geranoaetus melanoleucus)*, por ser un sector conocido de nidificación y de paso de estas aves, siendo esta característica la que da el nombre al Mirador de Cóndores.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Volcanismo	2.030 m.s.n.m (ruta)	Poblado Los Maitenes	WGS 84 - 19H 384792 E 6288161 S	Estratos volcánicos y volcanoclásticos, erosión diferencial por acción fluvial.

OTROS VALORES	Flora esclerófila y xerófita andina, sector de nidificación de cóndores y águilas moras.

ACCESIBILIDAD

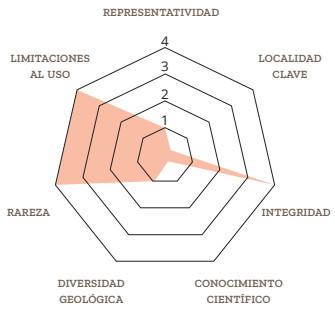
El inicio al sendero se encuentra en el km 19,2 de la ruta G-345, a unos 2,5 km del pueblo El Alfalfal. A este punto se puede acceder en cualquier tipo de vehículo, siendo un camino pavimentado en muy buen estado, donde existe una explanada para estacionar. El inicio del sendero está señalizado con letras blancas escritas en una tubería de clara visibilidad. En general, el camino está muy bien demarcado, pese a que el camino presenta pequeñas bifurcaciones que convergen a la ruta principal. En total, la caminata ida y vuelta toma unas tres horas en 8 km de recorrido, con sectores donde la pendiente es acentuada. El desnivel es de unos 700 m (desde 1300 hasta los 2000 msnm). Es posible ascender caminando o en mulas, servicio que ofrecen arrieros del sector.



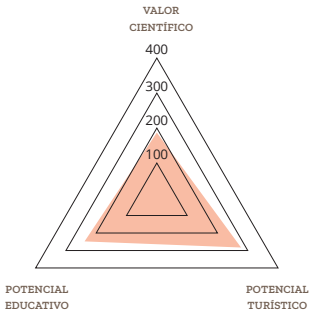
USO ACTUAL Y PROPUESTA

El sendero al Mirador de Los Cóndores es una de las rutas de excursionismo más visitados del Cajón del Maipo, siendo llamativo el crecimiento en el número de visitantes desde el año 2017. Hace varios años se ofrecen cabalgatas guiadas en mulas por arrieros del sector. En el último tiempo numerosas empresas turísticas, grupos de trekking y visitantes han del mirador de cóndores un lugar de visitación emblemático del Cajón del Maipo. Debido a la presencia de cóndores en nidificación, se hace imperativa la realización de estudios que evalúen el impacto de las visitas en la avifauna local. Además, se propone establecer mecanismos de control de ingreso y equipamiento de un sendero delimitado que permita que las actividades desarrolladas sean seguras y exitosas, además de señalética en sectores críticos.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
30/40	9/40	22/40	18/40
195/400	290/400	235/400	175/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G04 - Cerro Likán
G12 - Ignimbrita Pudahuel en Los Piches
G38 - Columnas Basálticas Cruz de Piedra

Área geográfica:

G09 - Plutón La Gloria
G10 - Cajón del Río Olivares
G11 - Volcán Tupungatito

G-09 · Plutón La Gloria

El geositio "Plutón La Gloria" aflora en el valle del río Colorado, en el sector donde se encuentra la hidroeléctrica Alfalfal. Se caracteriza por ser el mayor afloramiento de un cuerpo intrusivo en el Cajón del Maipo (Benado, 2013). Intruye rocas que van desde el Cretácico tardío hasta principios del Mioceno de la Formación Abanico, que, en las zonas inmediatamente vecinas al Plutón, se compone principalmente de areniscas volcanoclásticas y lavas andesíticas, ligeramente deformadas y alteradas (Cornejo & Mahood, 1997 en Benado, 2013).

El Plutón La Gloria tiene una extensión de ~20km de largo y ~5km de ancho, presentando un excelente grado de exposición, llegando a los 3.000 m.s.n.m., y siendo posible reconocer tanto el centro como los contactos con la roca de caja (Payacán, 2015). Los bordes del plutón exhiben una geometría escalonada, alternando sistemáticamente paredes verticales y techos subhorizontales, probablemente condicionados por la estratificación de la roca de caja (Mahood y Cornejo, 1992).

Respecto a su composición, presenta variaciones en su textura, granulometría y modas minerales, pero en las zonas expuestas al nivel del río Colorado, aproximadamente a 1.500 m.s.n.m, es mayoritariamente granodiorita y monzonita cuarcífera, grano medio y equigranular. Su edad estimada es de ~10Ma (Deckart et al., 2010), y en su sector norte se encuentra afectado por fallas y un importante fracturamiento (Rauld, 2012) (Benado, 2013). Se encuentra atravesado por el río Colorado en varias secciones, quedando expuestas enormes paredes que son usadas habitualmente para escalada en rocas. Además, presenta numerosas cascadas y posas naturales (Benado, 2013).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Rocas Intrusivas	1.630 m.s.n.m (ruta)	Valle del río Colorado Sector Alfalfal	WGS 84 - 19H 393490 E 6292403 S	Afloramiento intrusivo de gran extensión, sistema magmático, fallas y fracturamiento.

OTROS VALORES	Actividad ganadera, cultura de arrieros.

ACCESIBILIDAD

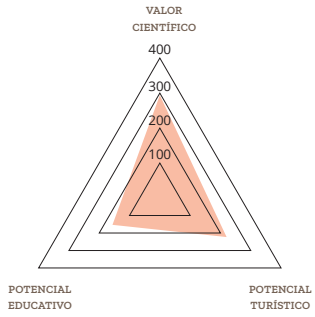
Para llegar al Plutón La Gloria, se debe seguir la principal ruta hacia el Cajón del Maipo (G-25) hasta el cruce del río Colorado, para luego tomar la ruta G-345 hasta la localidad del Alfalfal. Desde este punto en adelante, el acceso se encuentra restringido en control de GENER S.A., debiendo solicitarse autorización previa del Ministerio de Bienes Nacionales.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Actualmente este geositio es aprovechado ocasionalmente en actividades asociadas al turismo y a la escalada deportiva. Sin embargo, debido a la compleja accesibilidad no ha existido mayor desarrollo de estas actividades. Se sugiere la gestión con los actores e instituciones indicadas para lograr obtener los permisos de acceso de manera más simple, siempre y cuando se trate de actividades debidamente planificadas. Además, se sugiere identificar los lugares más atractivos geológicamente asociados al plutón, para así poder generar una ruta geológica específica en este lugar, exponiendo procesos clave.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
11/40	33/40	37/40	26/40
295/400	210/400	170/400	140/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:
G01 - Plutón La Obra
G22 - Plutón Los Lunes

Área geográfica:
G08 - Mirador de Cóndores
G10 - Cajón del Río Olivares

G-10 · Cajón del Río Olivares

El "Cajón del Río Olivares" es un extenso valle con orientación N-S, cuya cuenca cubre 466 km2 y se ubica en el sector norte de la comuna de San José de Maipo. El río es un curso natural de origen principalmente nival, alimentado por algunos de los glaciares más grandes de la Región Metropolitana, como son el Glaciar Juncal Sur y el Glaciar Olivares Gama. Desde su nacimiento, el cauce recorre ~41 km hasta desembocar en el río Colorado.

Estudiando la morfología del valle y los elementos que lo conforman, se ha determinado que el paisaje ha sufrido dos etapas en su modelado: primero, la erosión glaciar, asociada a los últimos eventos globales de glaciación y a la presencia de una voluminosa masa de hielo. Las evidencias son la forma de "U" del valle, la presencia de depósitos morrénicos con rocas estriadas, y los glaciares que aún se encuentran en la parte alta. La segunda, es la etapa post glaciación, donde ha dominado la erosión fluvial y aluvial, mostrando un pequeño valle con forma de "V" anidado en la parte oriental de la cuenca, además de numerosos conos de deyección y abanicos aluviales en ambos flancos de la cuenca.

Se ha interpretado que existe una estructura geológica regional que ha condicionado la orientación del valle, siendo una zona de profusa deformación asociada a un sistema de fallas inversas, lo que ha sido aprovechado por el cauce del río Olivares. Este es uno de los valles con mayor longitud en orientación Norte-Sur de la comuna.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Glaciares y Morfologías Asociadas	2.050 m.s.n.	Zona alta del valle del río Colorado - Sector Alfalfal	WGS 84 - 19H 394604 E 6303570 S	Depósitos morrénicos, glaciares, farellones rocosos, estructuras tectónicas.

OTROS VALORES	Vegas andinas, registros de interés antropológico e histórico.

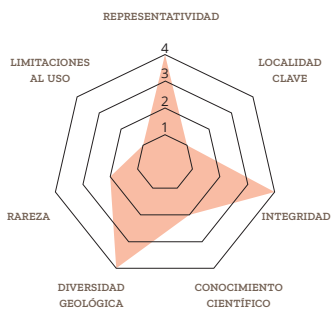
ACCESIBILIDAD

El Cajón del Río Olivares se localiza a 86 km al noreste de la ciudad de Santiago, siguiendo la principal ruta hacia el Cajón del Maipo (G-25) hasta el cruce del río Colorado, para luego tomar la ruta G-345 hasta la localidad del Alfalfal. El acceso a la ruta desde esta localidad se encuentra restringido en control de GENER S.A., debiendo solicitarse autorización previa del Ministerio de Bienes Nacionales. Luego de la barrera, se deben recorrer ~19 km en vehículo hasta llegar a la bocatoma del río Olivares. Desde este punto comienza una ruta para caminar de 27 km de extensión. Para más información se puede consultar el documento "Circuito Río Olivares-Gran Salto" del Ministerio de Bienes Nacionales y Sendero de Chile.

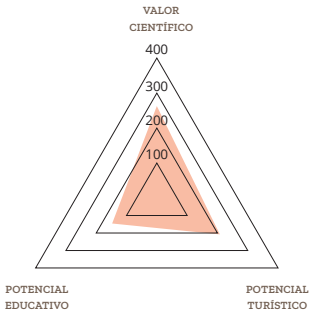
USO ACTUAL Y PROPUESTA

Actualmente este geositio es aprovechado ocasionalmente en actividades asociadas al turismo y a la escalada deportiva. Sin embargo, debido a la compleja accesibilidad no ha existido mayor desarrollo de estas actividades, al igual que otros geositios de esta zona. Se sugiere la gestión con los actores e instituciones indicadas para lograr obtener los permisos de acceso de manera más simple, siempre y cuando se trate de actividades debidamente planificadas. Además, se sugiere identificar y caracterizar desde un punto de vista geológico, aquellos puntos que actualmente se consideren como paradas clave de esta ruta. Así se puede avanzar en la difusión del conocimiento de glaciares y sus procesos asociados.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

21/40	34/40	39/40	28/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
270/400	205/400	155/400	135/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G16 - Glaciar Echaurren Norte
G34 - Glaciar Nieves Negras
G26 - Sistema Glaciar El Morado - San Francisco

Área geográfica:

G09 - Plutón La Gloria
G08 - Mirador de Cóndores

G-11 · Volcán Tupungatito

El geositio "Volcán Tupungatito" está ubicado en el sector noreste del territorio comunal, a unos ~3 km al oeste de la frontera con Argentina. Corresponde a un estratovolcán de corta vida (menor a 80.000 años) y reducido volumen. Forma parte de un grupo volcánico donde destaca el volcán Tupungato, actualmente inactivo. Durante su fase inicial este volcán registró una importante actividad efusiva, con generación de coladas de lava de hasta 18 km de alcance encauzadas en torno al valle del río Colorado, además de lahares, flujos piroclásticos y avalanchas de detritos de mediano alcance (SERNAGEOMIN, 2017). Durante el Holoceno su actividad cambió a un estilo mixto (efusivo/explosivo), donde además de las coladas de lava se tiene registro de erupciones mayoritariamente vulcanianas. Este aumento en la actividad explosiva ha construido un sistema cratérico hacia la cumbre del volcán, presentándose una caldera volcánica compuesta de 8 cráteres activos anidados en su interior (González-Ferrán, 1995 en Benavente s/f). Producto de la altura, esta zona se encuentra cubierta de nieve y hielo, actuando al mismo tiempo como importante alimentador de los sistemas de drenajes de la alta cordillera (Benavente, s/f). En la actualidad exhibe actividad fumarólica intensa y permanente concentrada en uno de estos cráteres el cual, además, hospeda un lago ácido (SERNAGEOMIN, 2017).

La actividad histórica del Tupungatito registra 19 erupciones desde el año 1829, donde la mayor parte de éstas no superan el índice de explosividad 2 (González-Ferrán, 1995 en Benavente s/f). Por otro lado, los registros históricos muestran que la mayoría de las erupciones del Tupungatito se encuentra temporalmente relacionadas con los grandes eventos tectónicos de Chile central (González-Ferrán, 1995 en Benavente s/f). Su última actividad ocurrió en 1986, con una débil columna de ceniza oscura que cubrió parte de los glaciares adyacentes (SERNAGEOMIN, 2017).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Volcanismo	5.603 m.s.n.m (cima)	Zona alta del Valle del río Colorado - Sector Alfalfal	WGS 84 - 19H 424328 E 6305488 S	Afloramiento intrusivo de gran extensión, sistema magmático, fallas y fracturamiento.

OTROS VALORES	Actividad ganadera, cultura de arrieros.

ACCESIBILIDAD

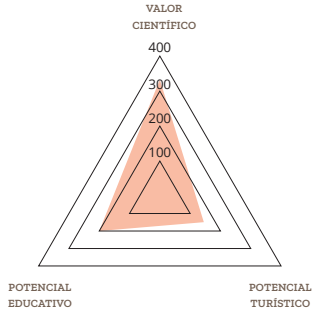
Para llegar a este geositio, desde la ruta G-25 se debe tomar el cruce hacia el Camino al Alfalfal, entre las localidades de El Manzano y Guayacán. Luego de un recorrido de ~24 Km por camino pavimentado, se llega a la localidad de Alfalfal y posteriormente a una barrera de acceso, administrada por AES Gener. El acceso a esta zona no es libre y se encuentra restringido, por lo que amerita una gestión con anticipación para lograr el ingreso al lugar. Una vez superada esta restricción, se recomienda la expedición con guías expertos, ya que se trata de una ruta de varios días de duración, y de dificultad media-alta.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio es uno de los que presenta mayor complejidad en términos de accesibilidad dentro del Geoparque Cajón del Maipo. Por esto, su uso se basa especialmente en expediciones científicas y de montañismo, ambas de manera muy poco frecuente. Esta condición implica que pocas personas conozcan este geositio in situ. Por otro lado, este volcán es parte de un plan de monitoreo y vigilancia gestionado por SERNAGEOMIN, que se encarga de generar un reporte mensual sobre el estado de sus actividades volcánicas. Se sugiere la realización organizada de una visita anual al geositio, con registro fotográfico y científico que permita la posterior enseñanza de sus características en salas de clases y charlas abiertas.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

4/40	40/40	31/40	38/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
330/400	150/400	200/400	85/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G35 - Volcán San José

G40 - Centro Eruptivo Volcán Maipo - Caldera Diamante

Área geográfica:

G09 - Plutón La Gloria

G10 - Cajón del Río Olivares

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

ZONA 3

Valle del Río Yeso

El valle del río Yeso cubre aproximadamente 627 km² de superficie, lo que significa un 13% de la superficie comunal. En él existe solo un pequeño poblado llamado Romeral, ubicado en los primeros kilómetros de la ruta. Se trata del segundo valle de menor superficie de este territorio, aunque a pesar de eso contiene una buena porción de los geositios inventariados. Embalse El Yeso es uno de los geositios destacados de este valle, con el puesto número siete en el ranking de potencial educativo y el puesto número uno en el ranking de potencial turístico (igualado con el geositio Remoción en Masa Las Amarillas), siendo en la práctica el sitio más concurrido de la comuna, tanto por turistas nacionales como internacionales. Por otro lado, en este valle se encuentra el geositio Cascada El Yeso que también reúne muy buenas evaluaciones en los potenciales educativo y turístico. Finalmente, en esta zona se pueden encontrar geositios de gran valor científico como es el caso de Laguna Negra, la cual ha sido objetivo de estudios y expediciones científicas gestionado por la NASA.

G-12 · Ignimbrita Pudahuel en Los Piches

La Ignimbrita Pudahuel corresponde a un extenso depósito piroclástico riolítico con pómez altamente vesiculadas y bajo porcentaje de cristales (Stern et al., 1984a). Su distribución se concentra principalmente en la zona central de Chile, especialmente en sectores cercanos a las riberas de los ríos Maipo y Puangue, en la región Metropolitana, y los ríos Cachapoal, Rapel y Codegua, en la región de O'Higgins. También se encuentran depósitos en Argentina. El origen de la Ignimbrita Pudahuel se asocia a la gigantesca erupción que produjo el colapso de la Caldera Diamante, perteneciente al Centro eruptivo Volcán Maipo – Caldera Diamante, y cuya depresión se extiende en sentido este-oeste por cerca de 20 x 16 km. En términos generales, los depósitos de flujo piroclástico han alcanzado espesores de hasta 190 m en sectores cordilleranos, y hasta 3 m de potencia en valles distales (Troncoso, 2012).

La edad de este evento es controversial, existiendo dataciones que indican que la erupción ocurrió hace 450.000 años (Stern et al., 1984), mientras otras indican una edad de 150.000 años (Godoy et al., 2016). El volumen de la erupción también es materia de discusión. Stern et al. (1984a) asumieron que los depósitos cubrían uniformemente un área de 15.000 km2, con lo cual calcularon un volumen aproximado de 450 km3, considerando para ello los depósitos ubicados tanto en Chile como en Argentina. Más recientemente, Troncoso (2012) estimó un volumen de 260 km3, entre los que también se incluyen los depósitos de caída. Ambas aproximaciones coinciden en clasificar la erupción como Ultrapliniana, de tamaño Megacolosal.

El Geositio Ignimbrita Pudahuel en Los Piches es un afloramiento de 40 m de espesor que ha sido asociado a la erupción de la Caldera Diamante, que se emplaza sobre rocas de la Formación Abanico (Guest y Jones, 1970). Presenta una zonación típica de ignimbritas, con una base no soldada de 5 m, cubierta por una capa de toba fracturada y densamente soldada de 10m de espesor. El depósito decrece su soldamiento progresivamente hasta la superficie, y se ubica unos 200 m sobre el fondo de valle actual, que está a unos 1600 msnm (Guest y Jones, 1970).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Morfología Fluvial	2.430 m.s.n.m (ruta)	Valle del río Yeso (~Km 20).	WGS 84 - 19H 398014 E 6272930 S	Curso de agua, cascada, depósitos de travertinos.

OTROS VALORES	Flora esclerófila y xerófita andina, fauna nativa (mamíferos, reptiles, aves).

USO ACTUAL Y PROPUESTA

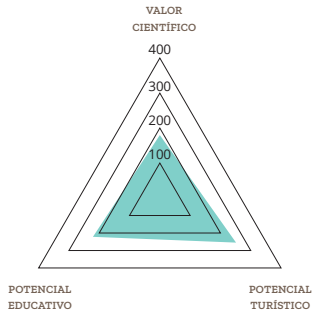
Actualmente no existe uso del lugar. Se propone la creación de un sendero interpretativo que asocie la historia de los depósitos y el patrimonio natural del lugar. Se propone la instalación de un panel explicativo sobre la historia de la erupción de la Caldera Diamante.

ACCESIBILIDAD

En el kilómetro 2 del camino al Embalse El Yeso (sector Romeral), se puede acceder al afloramiento mediante una caminata por un sendero de dificultad media-baja, que toma aproximadamente tres horas ida y vuelta. El sector es privado, por lo que se recomienda pedir permiso a los locatarios para acceder. En total, se recorren unos 4 km con 400 m de desnivel. No existen infraestructuras ni señalización.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

17/40	20/40	25/40	18/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
285/400	255/400	225/400	175/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G04 - Cerro Likán
G08 - Mirador de Cóndores
G38 - Columnas Basálticas Cruz de Piedra

Área geográfica:

G13 - Cascada El Yeso
G19 - Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel
G20 - Distrito Minero El Volcán

G-13 · Cascada El Yeso

El geositio Cascada El Yeso, es un salto de agua de 7 metros de altura ubicado en el río homónimo, la que en su base presenta una piscina de inmersión sub circular de 23 m de diámetro. Las aguas destacan por su color verdoso y cristalino, lo que sumado a la fuerza de caída configuran un paisaje de gran belleza escénica con excelente accesibilidad, lo que explica que presente un alto potencial turístico.

La coloración del agua refleja la baja carga de sedimentos que transporta el río Yeso pese a encontrarse en el tramo alto de la cuenca. Esto se explica porque la cascada se encuentra apenas ~2,5 km aguas abajo de las compuertas hidráulicas del Embalse El Yeso, donde los sedimentos se decantan antes de continuar su curso.

El río Yeso drena una importante superficie de la cordillera desde la línea limítrofe de la comuna, y su nacimiento se encuentra en el Paso Piuquenes (~4.020 msnm). En su curso superior, de unos 15 km, se encuentra "el valle" del Yeso, antigua cuenca lacustre hoy aprovechada por el Embalse El Yeso. Su muro se encuentra emplazado justamente donde la vaguada del río cambia fundamentalmente de pendiente, pasando a una pendiente violenta que conservará por 20 km hasta su vaciamiento al Maipo. En este tramo se encuentra la cascada, lo que explica la alta velocidad de su flujo de agua (Niemeyer, 1980).

En las paredes de la cascada se observan brechas subconsolidadas clasto soportadas, con clastos andesíticos que llegan hasta los 2 m de diámetro y depósitos de travertinos blanquecinos de un espesor aproximado de 2 m. La erosión diferencial de estas rocas es la que explica la presencia del salto de agua que configura la morfología de este sitio.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Morfología Fluvial	2.430 m.s.n.m (ruta)	Valle del río Yeso (~Km 20).	WGS 84 - 19H 398014 E 6272930 S	Curso de agua, cascada, depósitos de travertinos.

OTROS VALORES	Flora esclerófila y xerófita andina, fauna nativa (mamíferos, reptiles, aves).

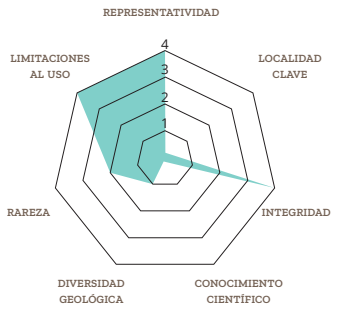
USO ACTUAL Y PROPUESTA

El principal uso que recibe este geositio en la actualidad es de tipo turístico, con visitas abundantes. Este lugar ha sido históricamente muy poco visitado, pero en los últimos años el número de visitas ha aumentado exponencialmente, debido principalmente a la presencia del Embalse el Yeso a tan sólo ~3 km de distancia. Se sugiere la habilitación de senderos desde la ruta hasta la cascada (la distancia es de ~250 m), con el objetivo de minimizar el impacto sobre la vegetación y la disposición natural de los afloramientos rocosos de la zona. Se sugiere además la instalación de limitación de acceso en los sectores cercanos al salto de la cascada, ya que presenta un riesgo de caída para aquellos visitantes que se acerquen demasiado. Esto puede ir acompañado de un panel explicativo que ponga en valor el entorno en base a su importancia geológica y territorial en general.

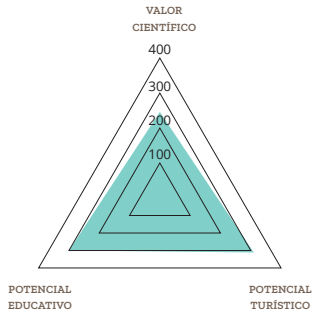
ACCESIBILIDAD

Este geositio se encuentra en el valle del río Yeso, a unos ~20 km desde el inicio de esta ruta. Además, se encuentra ~3 km valle abajo desde el Embalse El Yeso, uno de los atractivos turísticos más importante del Cajón del Maipo. El camino hasta este sector no se encuentra pavimentado, pero debido a la alta concurrencia de visitantes se encuentra en muy buen estado y se puede acceder en todo tipo de vehículo. Desde el camino, una vez estacionado el vehículo se deben recorrer ~250 metros hacia el norte y se presentan distintos puntos naturales de observación hacia la cascada.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

26/40	5/40	9/40	8/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
255/400	305/400	300/400	225/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G02 - Terrazas Fluviales de Las Vertientes
G06 - Cascada de las Ánimas
G36 - Puente el Cristo

Área geográfica:

G14 - Embalse el Yeso
G15 - Laguna Negra
G16 - Glaciar Echaurren Norte

G-14 · Embalse el Yeso

El geositio Embalse El Yeso es una represa artificial inaugurada en 1964, emplazada sobre un antiguo lago natural, sobre el valle del río Yeso (Toloza, 1960 en Vila & Montecino, 1987). Junto a la Laguna Negra, constituye la mayor reserva de agua líquida superficial potable de la Región Metropolitana de Santiago (Benado, 2013). Se trata de un cuerpo hídrico de ~6 km de largo y de ~1,4 km de ancho en promedio, sumando un total de ~8km2 de superficie.

El valle del río Yeso, en el que se encuentra este embalse, presenta un área cubierta por una barrera de rocas, de una extensión de ~15 km de largo y una superficie de ~22 km2 (Abele, 1984), la cual sería la causa del represamiento de las aguas del antiguo lago sobre el que se construyó el embalse.

Marangunic & Thiele (1971) interpretaron esta barrera

como una morrena terminal de un antiguo glaciar del valle de la Laguna Negra, mientras que Abele (1984) explicó estas rocas como los escombros dejados por un megaderrumbe al sureste del embalse (Benado, 2013).

Este cuerpo de agua se alimenta de una subcuenca del río Yeso y su régimen hidrológico es de origen mixto nival-glacial, con algunos glaciares asociados como El Yeso, Bello, Del Pirámide y parte del glaciar Marmolejo (Benado, 2013).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Morfología Fluvial	2.600 m.s.n.m (ruta)	Valle del Río Yeso (~Km22)	WGS 84 - 19H 398014 E 6272930 S	Grandes conos de deyección, rocas intrusivas, banco de desimentos fluviales.

OTROS VALORES	Valor histórico - Actual valor estratégico a nivel nacional, debido al suministro de agua para la Región Metropolitana.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

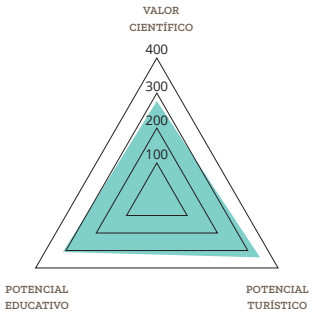
El Embalse El Yeso es la principal reserva de agua potable de la Región Metropolitana y ese es su uso más importante en la actualidad. Además, es el atractivo turístico más importante de toda la comuna, recibiendo a cientos de turistas todas las semanas. La cantidad de personas que visita este lugar se instaura como una oportunidad para la difusión de conocimientos asociados al Geoparque en general y a este geositio en específico. Sin embargo, es necesario que la oferta turística de la zona incluya esta información en sus contenidos. Se hace necesaria la instalación de infraestructura que permita a las personas acercarse con mayor profundidad a esta información, como lo es el caso de puntos o centros de información.

ACCESIBILIDAD

Es posible acceder al embalse directamente en vehículo por la ruta G-455, luego de 23 km desde el desvío cercano a la localidad de Romeral. Actualmente está prohibido el estacionamiento en el costado del embalse, por lo que se recomienda dejar el vehículo en el estacionamiento privado que se encuentra un par de kilómetros antes. Debido a su altitud, en invierno es recomendable el uso de cadenas.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

14/40	1/40	7/40	5/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
290/400	330/400	305/400	275/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G02 - Terrazas Fluviales de Las Vertientes
G06 - Cascada de las Ánimas
G13 - Cascada del Yeso

Área geográfica:

G17 - Cerro Aparejo
G18 - Termas del Plomo

G-15 · Laguna Negra

La Laguna Negra se encuentra en el valle del río Yeso, a sólo un par de kilómetros del Embalse El Yeso, en dirección noroeste. Se trata de una laguna glacial de ~5 km2 de superficie y de 600 millones de metros cúbicos de agua, es decir, la reserva de agua más grande de la Región Metropolitana (DGA, 2004). Se trata de una laguna formada gracias a la acumulación de depósitos morrénicos transportados desde el norte del valle, debido a la acción erosiva del glaciar Echaurren Norte principalmente, lo que ha formado un embalsamiento natural de las aguas (Buglio, 2017).

En este sector aflora una serie de unidades volcanosedimentarias e intrusivas que conforman un paquete estratigráfico de más de 8000 metros de potencia, siendo las principales unidades reconocidas en este geositio; Formación Farellones en el flanco occidental, Formación Abanico en el flanco oriental, Depósitos Morrénicos en el flanco sur funcionando como una represa natural de la laguna, y una serie de depósitos aluviales y coluviales distribuidos a lo largo de todo el perímetro (Buglio, 2017).

La Laguna Negra presenta una gran particularidad desde el punto de vista científico. Este lugar fue visitado en el año 2011 por un grupo de científicos pertenecientes a la National Aeronautics and Space Administratión, más conocida como NASA. El principal objetivo de este grupo era el probar tecnologías que en el futuro pretenden ser utilizadas para explorar los lagos de "Titán", la luna más grande de Saturno. El estudio apuntaba, entre otras temáticas, a comprender como el derretimiento de glaciares afecta a los ecosistemas de las lagunas glaciares, como también comprender el proceso de adición de materiales y minerales desde la superficie hacia la laguna debido a la acción glaciar, y, por lo tanto, los distintos tipos de nutrientes que se añaden progresivamente al agua y se disponen para los organismos que allí habitan (Astrobiology Magazine, 2012). Es sin duda un geositio de nivel y relevancia internacional.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Glaciares y Morfologías Asociadas	2.700 m.s.n.m.	Valle del río Yeso (~Km 8 caminando desde Embalse El Yeso).	WGS 84 - 19H 395638 E 6275831 S	Laguna glacial, depósitos morrénicos, rocas intrusivas.

OTROS VALORES	Actual valor estratégico a nivel nacional, debido al suministro de agua para la Región Metropolitana.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

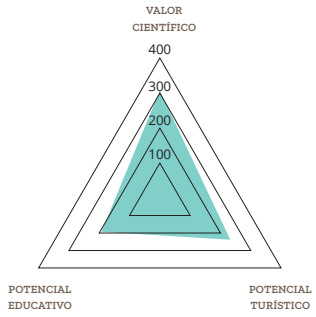
Este geositio es escasamente utilizado, ya que posee restricciones de acceso y además se encuentra a más de ~30 km de los centros poblados más cercanos. Por lo tanto, debido a sus condiciones de accesibilidad no es aprovechable desde el punto de vista turístico y/o educativo, excepto por algunos casos excepcionales. Se sugiere que la Laguna Negra forme parte de expediciones de turismo científico que sean realizadas de manera ocasional, con el objetivo de dar a conocer sus particularidades geológicas y su relevancia para el estudio internacional.

ACCESIBILIDAD

Para acceder a Laguna Negra se debe tomar la ruta G-25 hasta la localidad de El Romeral, luego seguir por el desvío hacia el norte por la ruta G-455 que bordea el río Yeso, hasta el Embalse El Yeso. Hasta este punto se puede llegar en vehículo, pero desde ahí se debe continuar con una caminata o cabalgata en dirección noroeste durante ~8 km (Buglio, 2017). Sin embargo, para acceder a Laguna Negra es necesario contar con un permiso de acceso, que debe ser gestionado con la empresa Aguas Andinas.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

8/40	29/40	32/40	12/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
305/400	235/400	195/400	190/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO
	■	

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G24 - Morrena del Morado
G25 - Laguna Morales
G31 - Glaciar Colgante El Morado

Área geográfica:

G13 - Cascada El Yeso
G14 - Embalse El Yeso
G16 - Glaciar Echaurren Norte

G-16 · Glaciar Echaurren Norte

El Glaciar Echaurren Norte está ubicado inmediatamente al Norte de la Laguna Negra, en la zona montañosa ubicada entre el valle del río Colorado y el valle del río Yeso (Benado, 2013). La orientación del glaciar es suroeste, con una superficie de 0,15 km2 que se extiende entre los 3.650 y 3.880 m.s.n.m. Es considerado un glaciar de montaña que actualmente se encuentra dividido en dos secciones (Escobar et. al., 2015; Buglio, 2017). La línea de equilibrio regional de los glaciares ocurre a una cota promedio de 4.350 m.s.n.m., donde el Glaciar Echaurren Norte a pesar de encontrarse a una cota menor, subsiste gracias a que está ubicado en un circo glacial con pendiente suroriental, lo que resulta en la depresión de la línea de equilibrio local en varios centenares de metros con respecto a la línea regional (Escobar et. al., 1995).

Este glaciar constituye un ejemplo único en Sudamérica por el seguimiento continuo del que ha sido objeto en las últimas décadas. Se ha realizado un seguimiento del balance de masa de manera continua desde 1975 hasta la actualidad, y la recopilación estadística realizada durante 43 años, la más larga del hemisferio sur, permite comprender de mejor manera el comportamiento de los glaciares de la zona central de Chile (Buglio, 2017).

Desde los comienzos de las observaciones en el glaciar Echaurren Norte, la superficie glaciar se ha visto reducida en un 64%, disminuyendo desde un área de 0,41 km2 en 1975 a un área de 0,15 km2 en 2015, como se puede ver en la figura. Esta disminución ha tendido a concentrarse en los últimos años de este período, asociado principalmente a una disminución constante en la acumulación de precipitaciones sólidas (Buglio, 2017). Este contexto se instala como un importante tema de estudio y discusión, ya que el Glaciar Echaurren Norte alimenta directamente a la Laguna Negra, que constituye una de las mayores reservas de agua potable líquida de la Región Metropolitana.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Glaciares y Morfología Asociadas	3.750 m.s.n.m (altitud media)	~Km15 desde Embalse El Yeso hacia el noroeste	WGS 84 - 19H 394575 E 6283629 S	Depósitos morrénicos, circo glacial, lengua glacial.

OTROS VALORES	Importancia estratégica en el abastecimiento de agua de la Región Metropolitana de Chile.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio es escasamente utilizado, ya que posee restricciones de acceso y además se encuentra a más de ~35 km de los centros poblados más cercanos. Como se mencionaba, también es utilizado por la Dirección General de Aguas (DGA) del Gobierno de Chile, siendo parte de un programa de monitoreo de balance de masa sobre el glaciar. Por lo tanto, debido a sus condiciones de accesibilidad no es aprovechable desde el punto de vista turístico y/o educativo. Sin embargo, la información científica referente a las consecuencias del cambio climático que puede extraerse a partir de las estadísticas de su balance de masa es un material importante para la interpretación en charlas o clases asociadas al patrimonio geológico del Cajón del Maipo y su relación con procesos globales (Benado, 2013).

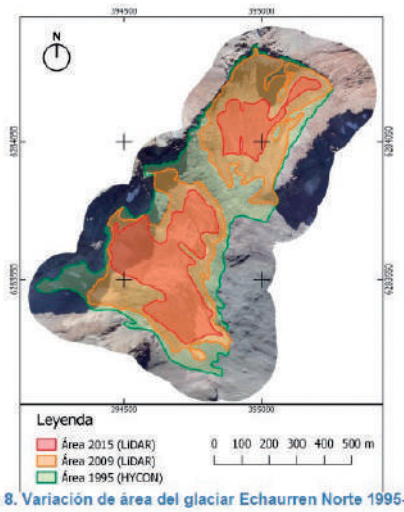


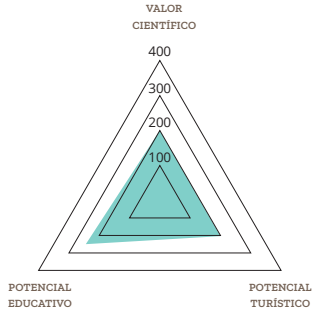
Figura 8. Variación de área del glaciar Echaurren Norte 1995-2015.

ACCESIBILIDAD

Para acceder a este glaciar se debe tomar la ruta G-25 hasta la localidad de El Romeral, luego seguir por el desvío hacia el norte por la ruta G-455 que bordea el río Yeso, hasta el Embalse El Yeso. Hasta este punto se puede llegar en vehículo, pero desde ahí se debe continuar con una caminata o cabalgata bordeando el Embalse El Yeso y la Laguna Negra por el oeste, durante ~15 km (Buglio, 2017). Sin embargo, para acceder hasta este glaciar, es necesario contar con un permiso de acceso, que debe ser gestionado con la empresa Aguas Andinas.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

29/40	37/40	19/40	20/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
200/400	200/400	250/400	165/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G15 - Laguna Negra
G26 - Sistema Glaciar El Morado - San Francisco
G34 - Glaciar Nieves Negras

Área geográfica:

G14 -Embalse El Yeso
G15 - Laguna Negra
G17 - Cerro Aparejo

G-17 · Cerro Aparejo

El geositio Cerro Aparejo alcanza una altitud de ~4.800 m.s.n.m. y se caracteriza por su morfología de arista afilada. El cerro se compone de un cuerpo ígneo intrusivo del Mioceno superior que se encuentra en contacto con la Formación Río Damas. Esta última presenta secuencias de color rojizo y sus estratos se encuentran plegados de manera subvertical con un progresivo cambio de manteo en el ápice de la montaña. Cabe destacar la presencia de la forma glacial "horn", que se debe a procesos glaciales que ocurrieron antiguamente. Desde el Valle Aparejo se observa bajar con una trayectoria NS el estero Aparejo, se observa que este varía su forma entre tipo recto y anastomosado. Además, cabe destacar que el curso de agua presenta una coloración rojiza intensa debido a que sus aguas arrastran sedimento rojo de la Formación Río Damas.

Por otro lado, hacia el sur se observa el principal río de la zona, el Río Yeso, que tiene un gran caudal y presenta aguas de coloración turquesa grisácea. Este río presenta una morfología fluvial anastomosada, la cual va cambiando a una de tipo meándrica hacia el Embalse del Yeso, esto es debido a una disminución de energía en el delta fluvial que genera el río hacia el Embalse el Yeso.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Glaciares y Morfologías Asociadas	2.800 m.s.n.m	Valle del Río Yeso (~Km25)	WGS 84 - 19H 407436 E 62800915 S	Estratos plegados, rocas intrusivas, valle glacial.

OTROS VALORES	Este geositio es un gran atractivo para el montañismo.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

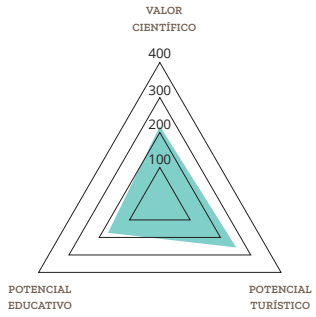
El Cerro Aparejo en sí es muy poco visitado, ya que se encuentra a una gran distancia de los centros poblados más cercanos, y además se encuentra en el fondo de un valle glacial que alcanza grandes altitudes. Aun así, en ocasiones es aprovechado por expertos para actividades de montañismo. Además, debido a su gran atractivo paisajístico es visitado ocasionalmente por fotógrafos que buscan registrar su belleza. Existe un punto mirador que permite visualizar el Cerro Aparejo y sus formas asociadas desde la distancia, al inicio del valle glacial asociado. Se sugiere la instalación de un panel informativo en este punto mirador, que permita sin necesidad de guía turístico la comprensión de los procesos asociados a un valle glaciar en general, y la comprensión de las formas del Cerro Aparejo en específico.

ACCESIBILIDAD

Este geositio es de accesibilidad moderada a baja. El mirador del geositio se propone en las cercanías del refugio que se encuentra frente al valle del estero Aparejo, aproximadamente a 4 km hacia el Este desde el Embalse El Yeso. Cabe destacar que en el sector existe señal telefónica pero intermitente y de baja intensidad.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
28/40	20/40	35/40	23/40
220/400	255/400	185/400	160/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G24 - Morrena del Morado
G26 - Sistema Glaciar El Morado - San Francisco
G34 - Glaciar Nieves Negras

Área geográfica:

G14 - Embalse El Yeso
G15 - Laguna Negra
G18 - Termas del Plomo

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO
	■	

G-18 · Termas del Plomo

Luego de pasar el Embalse El Yeso, se debe continuar durante ~17 km para llegar al geositio Termas El Plomo, a sólo ~4 km en línea recta de la frontera con Argentina. Se trata de una manifestación termal que consiste en tres pozas moldeadas artificialmente, con una forma ovalada y de ~8m de diámetro cada una. Están abastecidas por un gran chorro de agua que aflora en una pared de roca a unos 4 metros sobre el nivel del suelo, desde una secuencia de estratos fuertemente inclinados, pertenecientes a la Formación Lo Valdés (Benado, 2013). Su caudal aproximado se estima en 3 litros por segundo (Bustamante et al., 2010) y se observa un fuerte color anaranjado, asociado probablemente a la presencia de hidróxidos de hierro y microrganismos (Benado, 2013).

Sus aguas se caracterizan por ser saladas y de color verdoso, probablemente debido a musgos y/o microorganismos. Son consideradas aguas del tipo Cloruradas Sódicas y presentan grandes concentraciones de Boro y bajas de Litio. (Bustamante et. al., 2010)

Algunos autores mencionan que la mayoría de los afloramientos termales presentes en la comuna, tienen un origen cogenético, es decir, existe una fuente principal de calor que calienta las aguas subterráneas, tratándose en este caso de un volcán activo asociado a una cámara magmática intermedia andesítica y/o andesítica basáltica (probablemente del Volcán San José o el Volcán Maipo).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Fuentes termales y aguas minerales	2.980 m.s.n.m	Valle del Río Yeso	WGS 84 - 19H 415552 E 6279841 S	Morfologías fluviales y glaciales, deformación tectónica, registro fósil.

OTROS VALORES	En esta zona se encuentra el paso transfronterizo Portillo Piuquenes, por lo que existe una identidad de arrieros y otras actividades asociado a ello.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

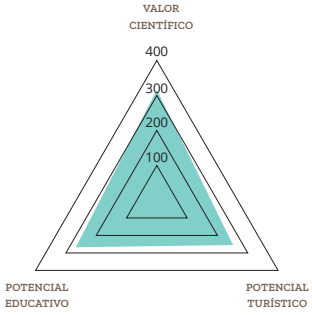
Las Termas del Plomo son usadas principalmente como atractivo turístico, especialmente en los meses de primavera y verano. En su entorno, hay presencia de fósiles, registros glaciales, volcánicos y evidencias de actividad tectónica, por lo que se sugiere incentivar la investigación científica en el lugar (Benado, 2013). Por otro lado, la cantidad de turistas que llegan en primavera y verano son bastantes, pero hasta el momento la visita a este geositio no conlleva ningún aprendizaje asociado al entorno paisajístico. Por esto se sugiere el desarrollo de material informativo fijo o folletería que explique las características geológicas del sector y medidas para su conservación.

ACCESIBILIDAD

Las Termas del Plomo se ubican en un terreno de propiedad privada ubicado a ~17 km del Embalse El Yeso, aguas arriba del río homónimo. Son accesibles en vehículo solo en las estaciones de primavera y verano, cuando el camino se encuentra en buen estado. En otras épocas del año el camino se encuentra en muy malas condiciones y es necesario vadear el estero Yeguas Muertas, por lo que se recomienda el uso de vehículos altos y de doble tracción (Benado, 2013). Además, para hacer ingreso al geositio es obligatorio el pago de un monto que es variable, pero que rodea los $6.000 CLP.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

7/40	18/40	10/40	16/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
310/400	260/400	280/400	185/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G32 - Termas Baños Colina

G37 - Termas Puente de Tierra

Área geográfica:

G14 - Embalse El Yeso

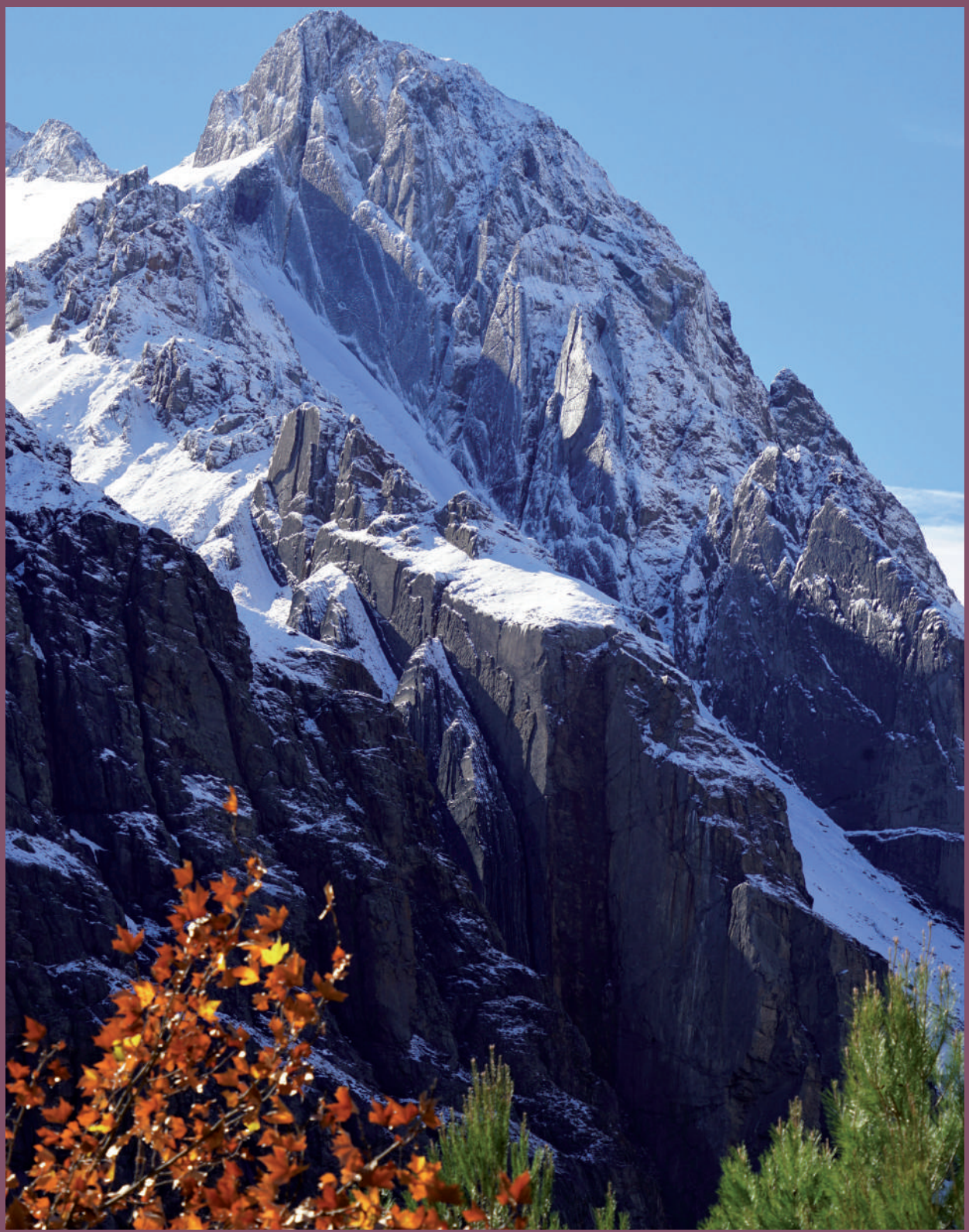
G15 - Laguna Negra

G17 - Cerro Aparejo

ZONA 4

Valle del Río Volcán

El valle del río Volcán cubre aproximadamente 523 km^2 de superficie, sumando el 11% de la extensión comunal y se encuentra conectado en gran parte por la principal ruta de la comuna, la ruta G-25. En él se encuentran algunos poblados típicos del Cajón del Maipo como El Volcán, Baños Morales y Lo Valdés, además de la única área perteneciente al Sistema de áreas silvestres protegidas por el Estado en el área de estudio; Monumento Natural El Morado. De los principales valles considerados en el área de estudio, este es el de menor tamaño, pero es el que contiene la mayor cantidad de geositios, sumando 17 de ellos. Uno de los más destacados de la zona es Remoción en Masa Las Amarillas, que se instala en el primer lugar del ranking de potencial turístico (igualado con Embalse El Yeso) y también primer lugar en el ranking de valor científico. Otro geositio destacado es Estratos Marinos de Lo Valdés, en el sexto puesto del ranking de potencial turístico y tercero en valor científico, siendo un punto clave para la observación y estudio de fósiles marinos pertenecientes a la Formación Lo Valdés. Finalmente, destaca la presencia del geositio Distrito Minero El Volcán, que, gracias a su rico valor histórico, cultural y además geológico, se queda con el primer puesto en el ranking de potencial educativo.



G-19 · Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel

En este geositio queda claramente expuesto un contacto entre el Plutón San Gabriel y la Formación Abanico. El Plutón San Gabriel corresponde litológicamente a granodiorita, monzogranito y monzonita cuarcífera (Thiele, 1980), y tiene una edad de ~11 millones de años (Baeza, 1999 en Benado, 2013).

En el sector del contacto los estratos de la Formación Abanico muestran una anómala coloración rojiza que evidencia un fuerte metamorfismo de contacto. Además, es interesante notar en el mismo sector, una pequeña falla inversa que produce arrastre y hace descender las capas de la Formación Abanico (Benado, 2013).

Además, debido a la erosión y meteorización del Plutón y la Formación Abanico, se han desarrollado diversos conos de deyección que transportan el material ladera abajo, finalmente llegando al río Volcán que se encuentra a sus pies. Esto ha generado que el cauce del río conste con cierto nivel de sinuosidad provocado por el empuje de estos depósitos.

Por su envergadura y condiciones de observación, este geositio es uno de los contactos litológicos más representativos del área de estudio, además de tener un gran valor escénico y potencial educativo (Benado, 2013). Sin embargo, actualmente se trata de uno de los geositios con mayor riesgo de degradación en el territorio, debido a la extracción minera de sus recursos.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Rocas intrusivas	1.380 m.s.n.m (observación)	Poblado El Volcán	WGS 84 - 19H 389342 E 6258774 S	Contacto litológico, metamorfismo de contacto.

OTROS VALORES	Gran valor ecológico debido a la presencia de especies vegetales muy escasas en la Región Metropolitana.

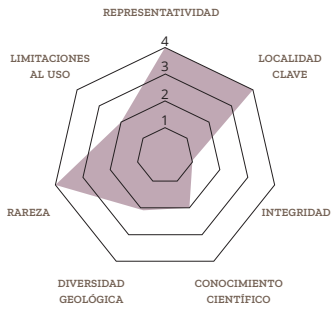
ACCESIBILIDAD

Este sitio puede ser observado desde distintos puntos del Valle del Río Volcán, a lo largo de la ruta G-25. Para llegar se debe pasar por el poblado de San Gabriel y no debe ser tomado el cruce hacia el Embalse del Yeso. Se debe seguir la ruta G-25 por unos ~4 km a partir desde este último desvío mencionado. El punto óptimo de observación es un mirador al costado izquierdo del camino, que permite ver el contacto en su máximo esplendor.

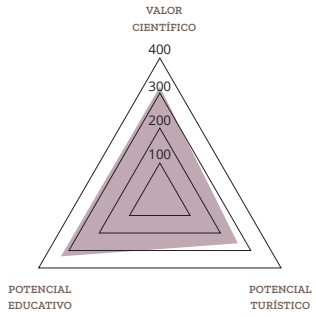
USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio en la actualidad se encuentra siendo explotado por la actividad minera, tratándose de un yacimiento de granito. Además, es aprovechado ocasionalmente como una parada en excursiones universitaras asociadas a las Ciencias de la Tierra. Este contacto litológico es observable desde un mirador que se encuentra a la orilla de la ruta G-25. No obstante, en el lugar no existe información que permita comprender los procesos geológicos que han llevado a la conformación de estas formas y paisajes. Se recomienda la instalación de paneles fijos de información que lo expliquen de manera gráfica y didáctica.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

6/40	16/40	4/40	4/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
315/400	265/400	325/400	300/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G01 - Plutón La Obra
G09 - Plutón La Gloria
G22 - Plutón Los Lunes

Área geográfica:

G20 - Distrito Minero el Volcán
G22 - Plutón Los Lunes
G36 - Puente el Cristo

G-20 · Distrito Minero el Volcán

El geositio "Distrito Minero El Volcán" se compone del poblado El Volcán y los antiguos piques mineros que se encuentran en sus alrededores, en los que se explotaba el cobre y el yeso. Es un geositio ícono del Geoparque Cajón del Maipo, ya que entrega la mejor evidencia de la relación que se puede dar entre las sociedades y el entorno geológico.

La actividad minera de este poblado tiene siglos de historia, pero logró su mejor desarrollo entre 1914 y 1958. En esos años el campamento minero asociado llegó a una población de más de 1.000 personas. Además de las casas de los pobladores y de las instalaciones propias de dicha actividad minera, con el tiempo se construyeron una pulpería, un centro de salud, una escuela, un cine, un hotel y una quinta de recreo, existiendo además sindicatos y clubes deportivos (El Patrimonio del Cajón del Maipo, 2011). Lamentablemente el 4 de septiembre de 1958 ocurre el terremoto de Las Melosas, que tuvo una magnitud de 8 grados Richter en la zona del epicentro. Este evento provocó daños severos en las instalaciones, decidiendo los privados trasladar toda la operación minera a su nueva planta en Puente Alto. Esta situación provocó el éxodo de la población y la decadencia del pueblo. Para el año 1960, en el poblado El Volcán sólo residían 264 personas (El Patrimonio del Cajón del Maipo, 2011).

Por otro lado, están las pequeñas minas que han quedado como evidencia en los alrededores. De estas, la que se encuentra en mejor estado es la "Mina El Membrillo", en la que se extraía el cobre. El lugar se encuentra sumamente fracturado con alta presencia de mineralización de sulfuros de cobre y óxidos de hierro. Destaca la presencia de minerales como la especularita, malaquita, crisocola y calcopirita en forma de vetillas irregulares, con espesores que llegan hasta los ~5 cm.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Minas y Yacimientos	1.420 m.s.n.m	Poblado El Volcán	WGS 84 - 19H 392241 E 6257367 S	tributos mineralógicos y metalogénicos, presencia de minerales y vetas mineras.

OTROS VALORES	Historia minera de gran singularidad, registros arquitectónicos de actividad minera, posee elementos reconocidos como patrimonio histórico oficial a nivel nacional.

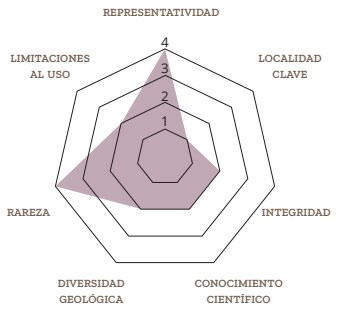
ACCESIBILIDAD

El poblado El Volcán se encuentra a ~30 km del poblado San José y ~9 km del poblado San Gabriel, siguiendo por la ruta G-25. Se encuentra a un costado de la ruta y se puede llegar en todo tipo de vehículo. Por otro lado, para el acceso a la "Mina El Membrillo" se debe realizar una corta caminata de ~15 minutos hacia el este del poblado. Sin embargo, el acceso a la mina es restringido y debe coordinarse con las personas a cargo.

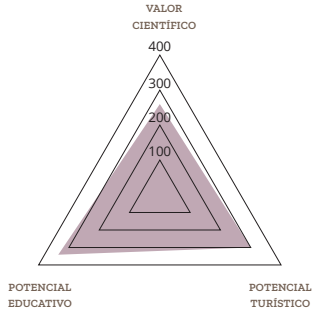
USO ACTUAL Y PROPUESTA

El poblado El Volcán es actualmente de uso residencial, aunque son pocas las familias que permanecen en el lugar. La mayoría de las estructuras del poblado se encuentran sin uso. En cuanto al turismo, el lugar no es muy visitado y no existe infraestructura ni servicios turísticos, a excepción de un local comercial pequeño que sirve como fuente de abastecimiento. La situación de los piques mineros es similar, aunque hay un proyecto en curso que busca aprovecharlos como parte de una ruta turística asociada al patrimonio minero. Así, se sugiere el apoyo a este tipo de proyectos, que pongan en valor el patrimonio de este poblado y que dinamicen su economía y funcionamiento a través del geoturismo y la geoeducación.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
21/40	6/40	1/40	10/40
270/400	300/400	340/400	200/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

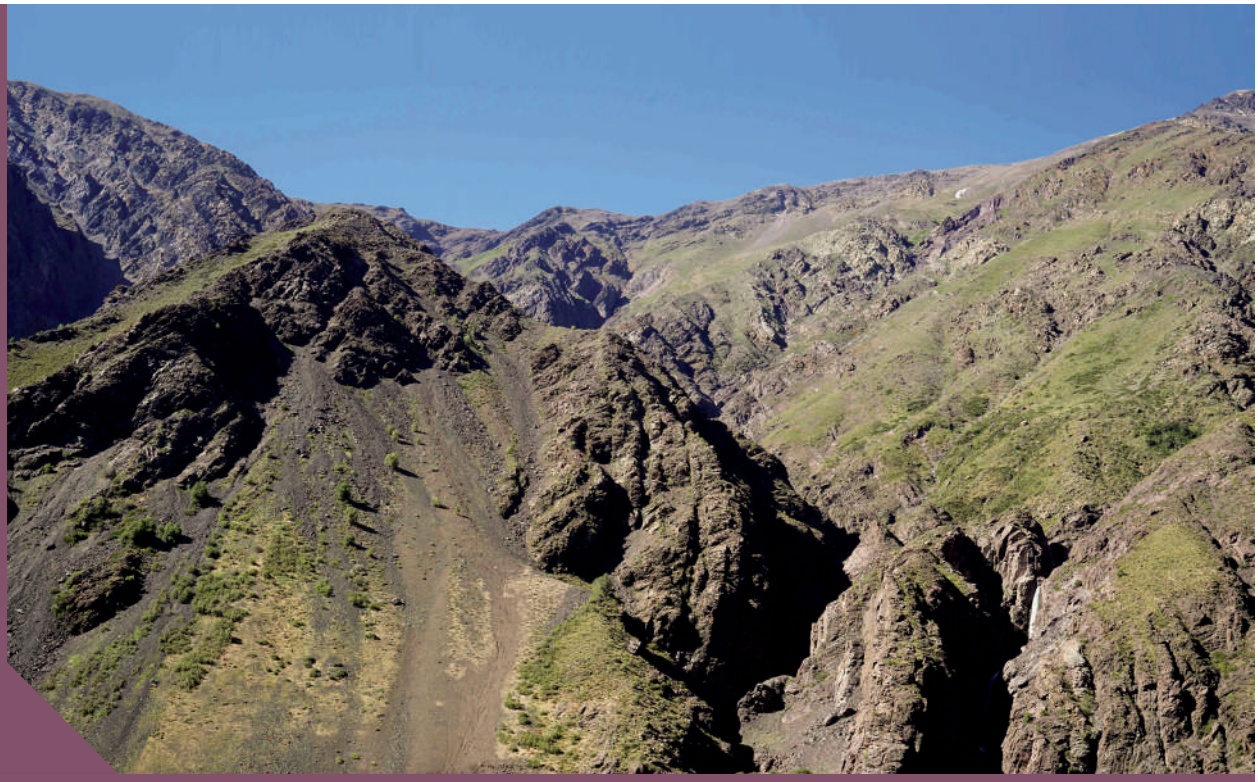
GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

Este es el único geositio correspondiente al área temática de *Minas y Yacimientos*.

Área geográfica:

G19 - Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel
G21 - Anticlinal Volcado del valle El Volcán
G22 - Plutón Los Lunes

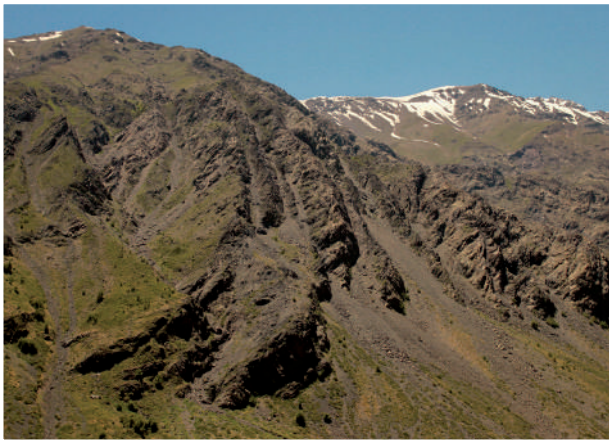


G-21 · Anticlinal Volcado del Valle El Volcán

Desde el contacto entre el Plutón San Gabriel y la Formación Abanico en la ribera Norte del río El Volcán, es posible seguir hacia el Este los estratos de la Formación Abanico en posición horizontal por ~2,5 km. Después de este tramo, súbitamente en ~500 m, las capas se pliegan progresivamente hacia una posición vertical hasta incluso volcarse en la parte superior de la cresta, formando de esta forma un pliegue anticlinal volcado (Benado, 2013).

En base a modelos computacionales, Baeza (1999) sugiere que el anticlinal volcado fue generado por la propagación de una falla inversa ciega. Fock (2005) plantea que el anticlinal volcado estaría asociado a la continuación hacia el Sur de una falla conocida como Laguna Negra, la cual también corresponde a una falla inversa (Benado, 2013).

Este geositio es usado ocasionalmente en excursiones científicas universitarias de geología y no presenta limitaciones para ser usado como geositio (Benado, 2013).



ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Deformación tectónica	1520 m.s.n.m (observación)	Poblado El Volcán	WGS 84 - 19H 393622 E 6257538 S	Plegamiento, geología estructural

OTROS VALORES	Geositio de gran importancia para educación en Ciencias de la Tierra.

ACCESIBILIDAD

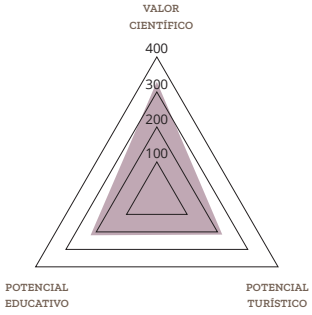
El geositio se localiza en las cercanías del pueblo El Volcán, a ~10 km del poblado San Gabriel. Puede ser visitado en todo tipo de vehículo ya que se encuentra a un costado de la ruta pavimentada G-25. El geositio puede ser observado desde distintos puntos del valle del río Volcán, pero siempre a la distancia, ya que se encuentra en la ribera norte del río. Sin embargo, su avistamiento es óptimo en el punto de observación recomendado, que se encuentra a unos ~600 metros desde el pueblo El Volcán hacia el Sur Este. Para llegar se debe caminar durante ~15 minutos en un sendero de baja dificultad.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio es usado ocasionalmente por excursiones de educación superior, en carreras relacionadas con las ciencias de la tierra. Aún así, es observado desde la distancia ya que el acceso in situ implica complicaciones. Se sugiere la identificación de un punto óptimo para su observación, habilitado para recibir grupos de estudiantes y/o turistas, y acompañado de material fijo de información que facilite su comprensión, ya que se necesita tener al menos conocimientos básicos del tema para lograr comprenderlo.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

4/40	30/40	26/40	30/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
330/400	225/400	220/400	130/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G05 - Anticlinal del Maipo
G07 - Vuelta del Padre
G27 - Estratos Marinos de Lo Valdés

Área geográfica:

G19 - Contacto Fm. Abanico y Plutón San Gabriel
G20 - Distrito Minero el Volcán
G22 - Plutón Los Lunes

G-22 · Plutón Los Lunes

El geositio "Plutón Los Lunes" se encuentra en el valle del río Volcán, ~4 km valle arriba desde el geositio "Distrito Minero Volcán". En este sector, en la ribera norte del río Volcán aflora un intrusivo que se caracteriza por ser el plutón más joven presente en el territorio comunal (Benado, 2013).

En esta zona el Plutón Los Lunes se observa intruyendo una sección de la Formación Abanico constituida fundamentalmente por depósitos volcano-sedimentarios y volcánicos bien estratificados (Baeza, 1999 en Benado, 2013). Estos últimos corresponden a brechas tobáceas finas, tobas de lapilli feldespáticas, lavas andesíticas porfíricas, entre otros tipos de rocas. El mismo autor, destaca que en varios estratos de brechas finas se han encontrado restos fósiles de mamíferos (Baeza, 1999 en Benado, 2013).

El plutonismo que dio origen a las rocas intrusivas en el Cajón del Maipo puede interpretarse como un proceso continuo, detectándose una polaridad relativa de enfriamiento de los distintos plutones, siendo más jóvenes aquellos que están hacia el este de la comuna (Thiele, 1980 en Benado, 2013). Esto se demuestra de manera concreta con el geositio Plutón Los Lunes, ya que se trata del Plutón más joven de la comuna, y al mismo tiempo el más oriental. Dataciones radioisotópicas entregaron una edad aproximada de ~1,1 Ma en cristales de biotita y de ~1,3 Ma en cristales de hornblenda (Baeza, 1999), las que coinciden con las edades de ~1 Ma obtenidas por Godoy y Lara en 1994 (Benado, 2013). Este dato contrasta con los ~19 a ~20 Ma del Plutón la Obra, el más antiguo de la comuna, que al mismo tiempo es el más occidental (Benado, 2013).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Rocas intrusivas	1.660 m.s.n.m (ruta)	Entre poblados El Volcán y Baños Morales	WGS 84 - 19H 396811 E 6258015 S	Afloramiento plutónico más joven de la comuna, rocas intrusivas.

OTROS VALORES	Este geositio no presenta otros valores asociados.

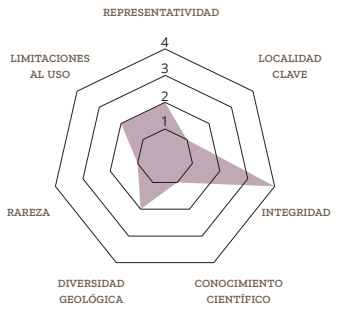
ACCESIBILIDAD

Este geositio se encuentra a ~34 km del poblado San José y ~13 km del poblado San Gabriel, siguiendo por la ruta G-25 que se encuentra pavimentada. Puede ser observado desde la ruta durante varios cientos de metros, presentándose buenos espacios para detener el vehículo y así apreciarlo de mejor manera. Sin embargo, se encuentra en la ribera norte del río, por lo que su apreciación se sugiere a la distancia.

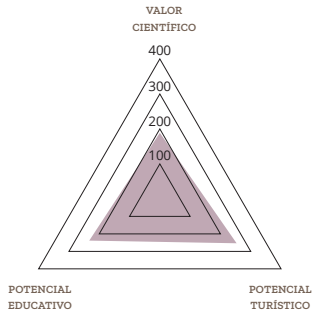
USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio no presenta ningún uso en la actualidad, y al mismo tiempo no presenta mayores limitaciones para ser aprovechado. Se sugiere que este geositio sea incluido en las rutas geológicas que se desarrollen en el valle del rio Volcán. Puede ser utilizado como ejemplo de la relación que existe entre la ubicación del Plutón y su juventud.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
33/40	16/40	23/40	33/40
190/400	265/400	230/400	120/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G01 - Plutón La Obra
G09 - Plutón La Gloria
G19 - Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel

Área geográfica:

G21 - Anticlinal Volcado del valle El Volcán
G23 - Remoción en Masa Las Amarillas
G24 - Morrena del Morado

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO
■		

G-23 · Remoción en masa Las Amarillas

El geositio "Remoción en Masa Las Amarillas" es una remoción tipo flujo de detritos, ubicada en el sector de Baños Morales, con más de 3 kilómetros de sección lineal. Se caracteriza por estar en constante regeneración y ser un área de fuerte alteración hidrotermal con minerales de arcilla, lo cual causa una coloración amarilla en las rocas, destacando fuertemente en el entorno (Benado, 2013).

La circulación de fluidos en esta zona es facilitada por la presencia de la falla El Diablo, la cual corresponde a un gran corrimiento inverso, de carácter regional (Fock, 2005). Sobre la falla El Diablo se desarrolla una intensa actividad sísmica superficial (15-20 km de profundidad), es decir, se trata de una actividad sísmica localizada dentro de la placa continental, la cual no está ubicada en el plano de subducción (Charrier, 2005: Giambiagi et al., 2010).

Algunas de las causas que explican el flujo de detritos en esta zona son; la existencia de una zona de alteración hidrotermal en la cabecera de la hoya de la quebrada, que proporciona material rocoso fragmentado, y además la pronunciada pendiente local y ausencia de cobertura vegetacional y/o suelos (Hauser, 2000).

Un ejemplo de la intensidad de los procesos de remoción en masa de la zona, se vivió los días 23 y 24 de abril de 1997, cuando intensas precipitaciones indujeron un voluminoso flujo detrítico a lo largo del cauce de descarga de la quebrada Las Amarillas. Esto saturó la planta de tratamiento de agua potable ubicada valle abajo, generando un déficit de agua para un extenso sector de Santiago (Benado, 2013).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Remociones en masa	1.780 m.s.n.m (ruta)	Sector Baños Morales	WGS 84 - 19H 400431 E 6256222 S	Flujos de detritos, alteración hidrotermal, contacto litológico.

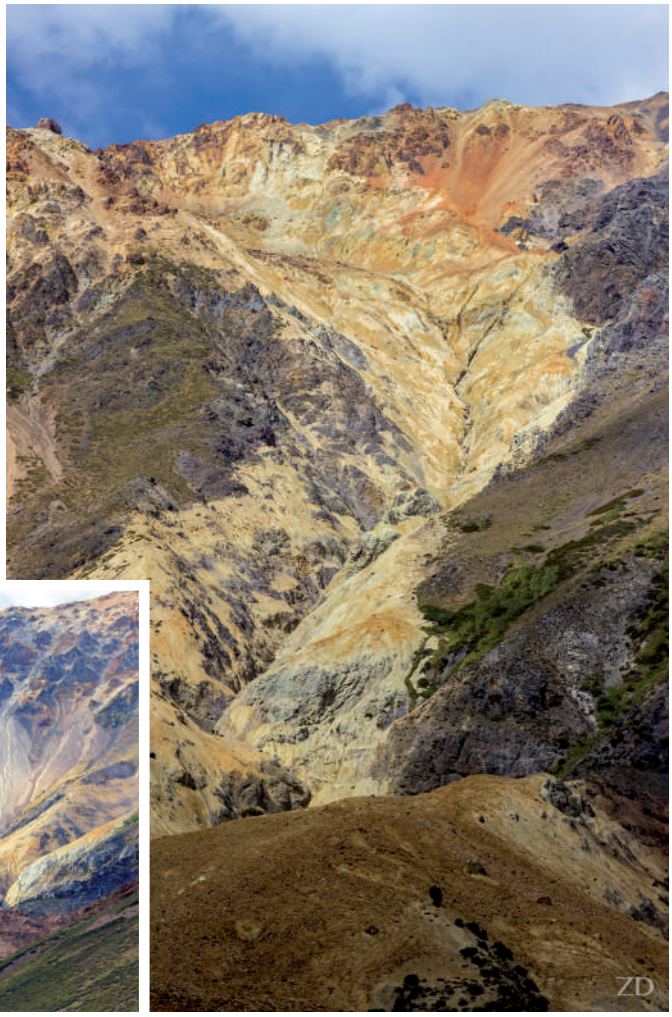
OTROS VALORES	Presencia de vegetación única en el territorio, debido a las aguas ácidas de la zona.

ACCESIBILIDAD

Este geositio tiene una muy buena accesibilidad, ya que se encuentra a un costado de la principal ruta de la comuna, la G-25. Se encuentra a tan sólo un kilómetro del poblado Baños Morales, tiene acceso liberado y es posible recorrer la zona sin mayores limitaciones.

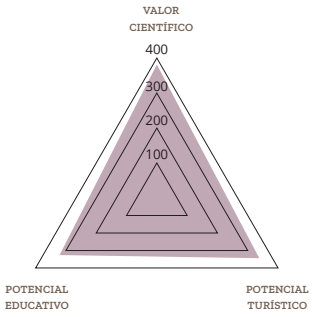
USO ACTUAL Y PROPUESTA

En la actualidad, este geositio es utilizado por algunas universidades y casas de estudio que dictan carreras y cursos asociados a las Ciencias de la Tierra. Sin embargo, este uso es poco frecuente y no genera un mayor impacto. Este geositio es un ícono del Cajón del Maipo, sin embargo, son pocos los habitantes y turistas que comprenden su proceso de formación y/o funcionamiento. Por esto se sugiere su incorporación en actividades y rutas de turismo geológico, que se encuentren apoyadas por información material en el lugar.



VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

1/40	1/40	5/40	12/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
390/400	330/400	320/400	190/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G03 - Remoción en Masa Cerro Divisadero
G29 - Remoción en Masa Silla del Diablo

Área geográfica:

G24 - Morrena del Morado
G27 - Estratos Marinos de Lo Valdés
G22 - Plutón Los Lunes

G-24 · Morrena del Morado

El Monumento Natural El Morado es un área protegida administrada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y ubicada a un costado del poblado Baños Morales. Fue creada como monumento natural en 1974 y tiene una superficie de 30 km2, abarcando la cuenca del estero Morales (Patrimonio del Cajón del Maipo, 2011). Desde el punto de vista geológico, este valle glaciar se encuentra formado por rocas de la Formación Colimapu, Formación Lo Valdés, Formación Abanico e Intrusivo Chacayes. Además, se presentan grandes depósitos fluviales, fluvioglaciares, aluviales y gravitacionales. Es un valle que, a pesar de no tener un gran tamaño, se caracteriza por presentar una gran variedad de formas geomorfológicas, destacando circos glaciares, laguna glaciar, afloramientos rocosos sometidos a crioclastia, valle en forma de U, morrenas, depósitos hidrotermales e interesantes procesos de erosión asociados al curso del estero Morales (Infante, 2009).

Para el caso específico del geositio "Morrena del Morado", (Infante 2009) menciona que los depósitos cuaternarios (fluviales, glaciares) se localizan en el sector central del valle, bajo los 2.750 m.s.n.m. En la zona sur, es decir, a medida que nos acercamos a la entrada del monumento, se pueden observar depósitos morrénicos en forma de arcos y una morrena con características de terminal que invade el río Volcán (Infante, 2009), la "Morrena del Morado". Esta morrena tiene una extensión altitudinal cercana a los 200m y se extiende por más de 2 km valle adentro.

Gracias a su configuración, permite interpretar de manera visual el funcionamiento de un sistema glaciar, que, si bien no se encuentra activo en la actualidad, si lo estuvo hace unos miles de años atrás. Actualmente se encuentra cortada y moldeada por el paso del río Volcán.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Glaciares y Morfología Asociada	1.820 m.s.n.m	Monumento Natural El Morado - Poblado Baños Morales	WGS 84 - 19H 401287 E 6256818 S	Depósitos morrénicos, depósitos cuaternarios, morrena terminal.

OTROS VALORES	Se encuentra dentro de la única área SNASPE de la comuna de San José de Maipo, Monumento Natural El Morado, que fue declarada en búsqueda de la protección y preservación de la cuenca del estero Morales, debido a su importante función ecológica.

ACCESIBILIDAD

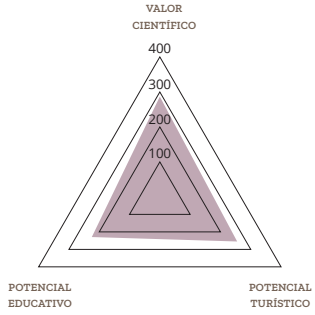
El geositio tiene muy buena accesibilidad. Puede ser alcanzado en cualquier tipo de vehículo y además es apreciable durante varios kilómetros desde la ruta aledaña (ruta G-25), encontrándose a un costado del poblado Baños Morales. Sin embargo, al encontrarse dentro del área protegida Monumento Natural El Morado, es obligatorio el pago de $2.500 CLP (tarifa adulta). Una vez realizado el ingreso al recinto, la Morrena El Morado es la primera zona que debe ser atravesada por los caminantes.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

El turismo es la actividad dominante en este geositio, aunque ocasionalmente se realizan excursiones educativas de escuelas y universidades. Este geositio forma parte de la primera sección de la única ruta que ofrece este monumento natural, por lo que debe ser atravesada para alcanzar los otros geositios de este valle glaciar. Se sugiere incluir un panel explicativo al respecto en la caseta de recepción de CONAF que se encuentra en la entrada del monumento, como también instruir a los guardaparques acerca de los procesos asociados y su importancia.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUPUNTAJE

14/40	18/40	23/40	40/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
290/400	260/400	230/400	60/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G16 - Glaciar Echaurren Norte
G25 - Laguna Morales
G26 - Sistema Glaciar El Morado - San Francisco

Área geográfica:

G23 - Remoción en Masa Las Amarillas
G25 - Laguna Morales
G27 - Estratos Marinos de Lo Valdés

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

G-25 · Laguna Morales

El Monumento Natural El Morado es un área protegida administrada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y ubicada a un costado del poblado Baños Morales. Fue creada como monumento natural en 1974 y tiene una superficie de 30 km2, abarcando la cuenca del estero Morales (Patrimonio del Cajón del Maipo, 2011). Desde el punto de vista geológico, este valle glaciar se encuentra formado por rocas de la Formación Colimapu, Formación Lo Valdés, Formación Abanico e Intrusivo Chacayes. Además, se presentan grandes depósitos fluviales, fluvioglaciares, aluviales y gravitacionales. Es un valle que, a pesar de no tener un gran tamaño, se caracteriza por presentar una gran variedad de formas geomorfológicas, destacando circos glaciares, laguna glaciar, afloramientos rocosos sometidos a crioclastia, valle en forma de U, morrenas, depósitos hidrotermales e interesantes procesos de erosión asociados al curso del estero Morales (Infante, 2009).

En el caso específico del geositio "Laguna Morales", se trata de una laguna glaciar de 150m de largo, 50m de ancho y profundidad máxima de 4m. Es alimentada en parte por el deshielo de los glaciares El Morado y San Francisco, emplazados unos pocos kilómetros valle arriba. Esta laguna debe su origen a los vestigios del glaciar homónimo que en la actualidad ha retrocedido, dejando un arco morrénico que hoy represa naturalmente estas aguas. Así, la laguna se encuentra íntimamente relacionada con la cuenca de sobreexcavación generada a su alrededor y que continuamente es rellenada por material rocoso proveniente de las laderas (Infante, 2009).

De hecho, frente a la laguna existe un gran depósito coluvial activo de rocas ígneas, que forman parte del llamado intrusivo Chacayes. Por esto, alrededor de la laguna se pueden observar grandes bloques de rocas intrusivas que forman parte importante del paisaje local.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Glaciares y Morfología Asociada	2.390 m.s.n.m	Monumento Natural El Morado - Poblado Baños Morales	WGS 84 - 19H 400673 E 6261296 S	Laguna proglacial, rocas intrusivas, formas glaciales.

OTROS VALORES	Se encuentra dentro de la única área SNASPE de la comuna de San José de Maipo, Monumento Natural El Morado, que fue declarada en búsqueda de la protección y preservación de la cuenca del estero Morales, debido a su importante función ecológica.

ACCESIBILIDAD

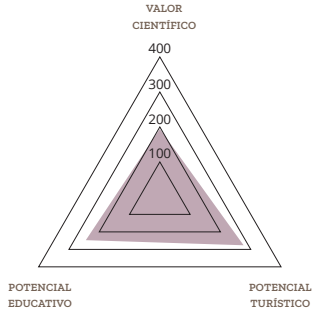
El geositio tiene muy buena accesibilidad. Al Monumento Natural El Morado se puede llegar en cualquier tipo de vehículo (ruta G-25). Sin embargo, al encontrarse dentro del área protegida por SNASPE, es obligatorio el pago de $2.500 CLP (tarifa adulta) para entrar. Una vez realizado el ingreso, se deben caminar ~6 km hacia el norte, por un sendero bien demarcado y de dificultad media baja.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

El turismo es la actividad dominante en este geositio, aunque ocasionalmente se realizan excursiones educativas de escuelas y universidades. Se sugiere incluir un panel explicativo al respecto en la caseta de recepción de CONAF que se encuentra en la entrada del monumento, como también instruir a los guardaparques acerca de los procesos asociados y su importancia. Además, al tratarse de un área protegida que tiene personal de gestión y mantención, es una muy buena oportunidad para la instalación de infraestructura informativa y de puesta en valor del patrimonio geológico que aquí se encuentra, por ejemplo, instalando nuevos paneles descriptivos y senderos interpretativos.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
30/40	12/40	19/40	26/40
195/400	280/400	250/400	140/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G24 - Morrena del Morado
G26 - Sistema Glaciar El Morado - San Francisco
G34 - Glaciar Nieves Negras

Área geográfica:

G24 - Morrena del Morado
G26 - Sistema Glaciar El Morado - San Francisco

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

G-26 · Sistema Glaciar El Morado - San Francisco

El Monumento Natural El Morado es un área protegida administrada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y ubicada a un costado del poblado Baños Morales. Fue creada como monumento natural en 1974 y tiene una superficie de 30 km2, abarcando la cuenca del estero Morales (Patrimonio del Cajón del Maipo, 2011). Desde el punto de vista geológico, este valle glaciar se encuentra formado por rocas de la Formación Colimapu, Formación Lo Valdés, Formación Abanico e Intrusivo Chacayes. Además, se presentan grandes depósitos fluviales, fluvioglaciares, aluviales y gravitacionales. Es un valle que, a pesar de no tener un gran tamaño, se caracteriza por presentar una gran variedad de formas geomorfológicas, destacando circos glaciares, laguna glaciar, afloramientos rocosos sometidos a crioclastia, valle en forma de U, morrenas, depósitos hidrotermales e interesantes procesos de erosión asociados al curso del estero Morales (Infante, 2009).

En el caso específico del geositio "Laguna Morales", se trata de una laguna glaciar de 150 m de largo, 50 m de ancho y profundidad máxima de 4 m. Es alimentada en parte por el deshielo de los glaciares El Morado y San Francisco, emplazados unos pocos kilómetros valle arriba. Esta laguna debe su origen a los vestigios del glaciar homónimo que en la actualidad ha retrocedido, dejando un arco morrénico que hoy represa naturalmente estas aguas. Así, la laguna se encuentra íntimamente relacionada con la cuenca de sobreexcavación generada a su alrededor y que continuamente es rellenada por material rocoso proveniente de las laderas (Infante, 2009).

De hecho, frente a la laguna existe un gran depósito coluvial activo de rocas ígneas, que forman parte del llamado intrusivo Chacayes. Por esto, alrededor de la laguna se pueden observar grandes bloques de rocas intrusivas que forman parte importante del paisaje local.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Glaciares y Morfología Asociada	2.740 - 4.000 m.s.n.m	Monumento Natural El Morado - Poblado Baños Morales	WGS 84 - 19H 399905 E 6263923 S	Lenguas glaciares, *horn* glacial, circo glacial.

OTROS VALORES	Se encuentra dentro de la única área SNASPE de la comuna de San José de Maipo, Monumento Natural El Morado, que fue declarada en búsqueda de la protección y preservación de la cuenca del estero Morales, debido a su importante función ecológica.

ACCESIBILIDAD

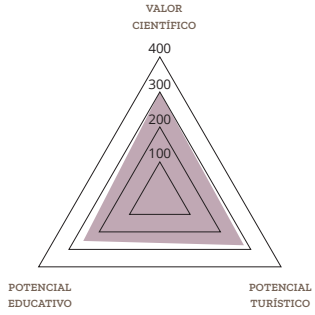
El geositio tiene buena accesibilidad. El Monumento Natural El Morado puede ser alcanzado en cualquier tipo de vehículo (ruta G-25). Sin embargo, al encontrarse dentro del área protegida SNASPE, es obligatorio el pago de $2.500 CLP (tarifa adulta) para entrar. Para el caso del Sistema Glaciar San Francisco – El Morado, el acceso es ligeramente más excluyente, ya que la ruta se alarga en unos ~2.5 km de ida, por lo que la caminata ida y vuelta suma aproximadamente 15 km de trayecto.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

El turismo es la actividad dominante en este geositio, aunque ocasionalmente se realizan excursiones educativas de escuelas y universidades. Se sugiere incluir un panel explicativo al respecto en la caseta de recepción de CONAF que se encuentra en la entrada del monumento, como también instruir a los guardaparques acerca de los procesos asociados y su importancia. Además, al tratarse de un área protegida que tiene personal de gestión y mantención, es una muy buena oportunidad para la instalación de infraestructura informativa y de puesta en valor del patrimonio geológico que aquí se encuentra, por ejemplo, instalando nuevos paneles descriptivos y senderos interpretativos.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

9/40	9/40	15/40	25/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
300/400	290/400	260/400	150/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G16 - Glaciar Echaurren Norte
G24 - Morrena del Morado
G34 - Glaciar Nieves Negras

Área geográfica:

G24 - Morrena del Morado
G25 - Laguna Morales

G-27 · Estratos Marinos de Lo Valdés

En la quebrada de Lo Valdés, situada aguas arriba de un pequeño caserío homónimo, Oscar González (1963) definió la Localidad Tipo de la Formación Lo Valdés (Benado, 2013). Esta Formación es un conjunto marino fosilífero constituido por tres miembros, de los cuales el inferior y superior son principalmente calcáreos fosilíferos (González, 1963 en Benado, 2013). Se encuentra en contacto concordante con las Formaciones Colimapu y Río Damas (Thiele, 1980 en Benado, 2013). Además, se le asigna una edad mediante fósiles perteneciente a Tithoniano-Hauteriviano (Hallam et al., 1986, en Benado, 2013).

En este geositio, las rocas afloran en forma de una potente franja de estratos casi verticales, que corta en forma perpendicular al río Volcán (González, 1963 en Benado, 2013). Asociado a la diferente dureza de sus estratos, la erosión ha creado varios surcos y paredes abruptas/placas que conforman un paisaje geológico imponente (Benado, 2013).

El contenido fosilífero de la Formación Lo Valdés es el más abundante y de mayor importancia científica presente en la comuna. Esta Formación se extiende en franjas de dirección Norte-Sur que atraviesan todo el territorio comunal, siendo posible observar registros paleontológicos en casi todos los sectores donde la formación aflora. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la legislación chilena (Ley N° 17.288 sobre Monumentos Nacionales) prohíbe la colecta o extracción de fósiles sin autorización previa y para fines no científicos (Benado, 2013).

En términos generales, los principales registros fósiles encontrados corresponden a conchillas, caparazones o piezas esqueletarias de microorganismos, poríferos, moluscos (entre muchos otros) y vertebrados, destacando la diversidad de ammonites (Biró-Bagóczky, 1980 en Benado, 2013). En particular, es importante destacar que Salazar (2012) diferenció en la Formación Lo Valdés 39 especies de ammonoideos (Benado, 2013).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Registro Paleontológico	1.920 m.s.n.m (ruta)	Sector Lo Valdés - Poblado Baños Morales	WGS 84 - 19H 403146 E 6257377 S	Deformación tectónica, rocas sedimentarias, abundante presencia de fósiles marinos.

OTROS VALORES	Historia minera, escalada, observación de cóndores.

ACCESIBILIDAD

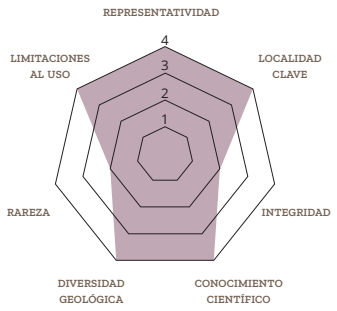
El geositio se encuentra a ~20 km del poblado San Gabriel, avanzando valle arriba por el río Volcán. Se encuentra además a ~3 km del poblado Baños Morales, en el sector homónimo de Lo Valdés. Este geositio se trata de una quebrada de ~1 km de extensión lineal, con unos ~600 metros de desnivel altitudinal, llegando a los 2.570 m.s.n.m. Desde la base se pueden realizar caminatas de distinta duración y complejidad dependiendo de la capacidad de los usuarios. Por otro lado, en invierno se puede encontrar nieve estacional limitando el acceso.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

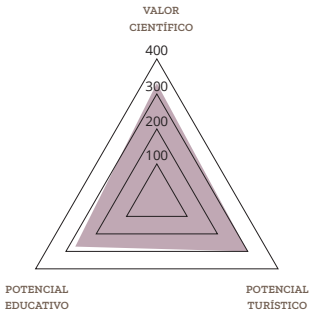
Este geositio es usado habitualmente en excursiones de cursos universitarios asociados a las Ciencias de la Tierra. Además, es visitado por empresas de turismo de la zona y por escaladores (Benado, 2013). Los fósiles de este geositio son muchas veces recolectados para colección o incluso venta, por lo que el registro paleontológico de la zona ha sufrido una degradación paulatina.

Se sugiere a nivel general, la instalación de distintos paneles informativos que contengan información respecto a la conservación de los fósiles y respecto a las características geológicas del geositio. Eventualmente se podrían tomar medidas más concretas para evitar el expolio de registro paleontológico.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

3/40	6/40	12/40	7/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
340/400	300/400	270/400	230/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G30 - Icnitas del Valle Las Arenas

Área geográfica:

G23 - Remoción en Masa Las Amarillas
G24 - Morrena del Morado
G29 - Remoción en Masa Silla del Diablo

G-28 · Punta Zanzi

El geositio Punta Zanzi pertenece a la Formación Río Damas, que está compuesta por conglomerados y brechas conglomerádicas, de colores rojizos y verdosos. Esta formación geológica está presente en toda el área de estudio, aflorando como una larga y continua franja de orientación Norte-Sur en el centro-este de la comuna (Benado, 2013).

Algunos elementos interesantes de este sitio en particular son los siguientes; i) la clara división cromática diferenciable a simple vista desde el camino, y que indica la zona de contacto entre dos miembros de la nombrada formación Miembro Catedral (color morado) y Miembro Punta Zanzi (color verdoso); ii) se puede notar una diferencia o desnivel entre ambos miembros, lo que se ha dado por un proceso de erosión diferencial, en que una zona resiste de mejor manera los agentes erosivos del ambiente y, por lo tanto, se encuentra en un mayor nivel de integridad que su miembro vecino y; iii) los estratos sedimentarios se observan prácticamente verticales, lo que se asocia directamente a los procesos de deformación tectónica característicos de la zona, que le dan una belleza singular al paisaje.

La progresiva erosión de las rocas de Punta Zanzi ha formado una serie de conos de deyección de alta pendiente y nula presencia vegetacional. Estos son fácilmente correlacionables con su miembro de origen, debido a sus marcadas coloraciones.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Deformación Tectónica	2.310 m.s.n.m (observación)	Valle del río Volcán - Sector desvío hacia Valle Las Arenas	WGS 84 - 19H 410825 E 6250980 S	Rocas sedimentarias, secuencias de estratificación, zona de contacto entre miembros de una misma formación geológica

OTROS VALORES	Fuerte valor asociado a la escalada, zona de fácil avistamiento de grupos de cóndores.

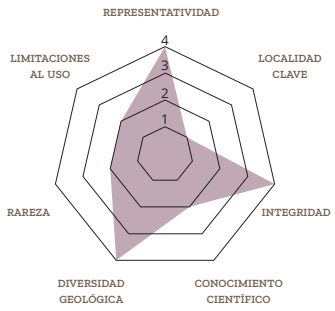
ACCESIBILIDAD

El geositio Punta Zanzi se encuentra al costado del camino que llega hasta el geositio Termas de Colina. El camino es de tierra, pero se encuentra en buenas condiciones debido a que grandes empresas que trabajan en la zona se encargan de mantener el camino en buen estado para sus propios procedimientos. El camino es apto para todo vehículo, sin embargo, en invierno es probable encontrar nieve estacional y en algunos casos se recomienda el uso de cadenas.

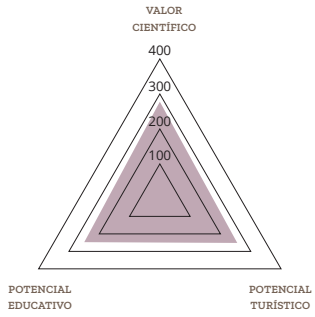
USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio presenta como principal uso la escalada deportiva. Además, ofrece un atractivo paisajístico de gran belleza al ser observado desde el camino hacia el Valle de las Arenas. Sin embargo, son pocas las personas que comprenden sus atributos desde el punto de vista geológico. Se sugiere la instalación de un panel informativo que funcione de manera complementaria al panel informativo propuesto en el geositio Silla del Diablo, ya que se encuentran muy cerca uno de otros y además pertenecen al mismo ambiente geológico.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
19/40	20/40	21/40	20/40
280/400	255/400	245/400	165/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G27 - Estratos Marinos de Lo Valdés

G30 - Icnitas del Valle las Arenas

Área geográfica:

G29 - Remoción en Masa Silla del Diablo

G27 - Estratos Marinos de Lo Valdés

G30 - Icnitas del Valle las Arenas

G-29 · Remociones en Masa Silla del Diablo

En este sector se pueden observar estratos formados por conglomerados, brechas y rocas volcánicas pertenecientes a la Formación Río Damas. Estas se observan en disposición estructural prácticamente vertical, siendo cortadas oblicuamente por grandes planos de fractura. Según Hauser (2000), estos antecedentes estructurales, sumados a las constantes solicitaciones sísmicas en los Andes Centrales, las fuertes precipitaciones que ocurren en el área y procesos de congelamiento-deshielo, entre otros factores, provocan una disminución considerable del confinamiento natural y los consecuentes procesos de remoción en masa en el sector (Hauser, 2000 en Benado, 2013).

Este tipo de remociones en masa, son indicativas de la dinámica de aporte de masa existente en una zona determinada (Soto et. al., 2006). En el caso de Chile Central estas remociones se caracterizan por su gran altura, fuerte pendiente y escasa o nula cubierta vegetacional, en un ambiente marcado por la tectónica, y donde los relieves de tipo estructural y plegado favorecen tales relaciones (Soto et. al., 2006), como ocurre en este geositio.

Una de las remociones de este geositio es la "Silla del Diablo", la cual consiste en una morfología escalonada, consecuencia de una remoción del tipo deslizamiento de bloques, que deja expuesto en la ladera sur del río Volcán varias estructuras decamétricas lisas, con ángulos cercanos a la inclinación del cerro. Entre estos escalones destacan al menos tres grandes abanicos coluviales continuos (y otros más pequeños) de material detrítico no consolidado. Sus rocas son angulosas, granocreciente desde la cima hasta la base y de tamaños centimétricos a decamétricos (Benado, 2013). En general, se trata de abanicos coluviales bastante simétricos con gran rango de tamaños de clastos angulosos que llegan hasta un par de metros de extensión.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Remociones en Masa	2.330 m.s.n.m (observación)	Valle del río Volcán - Sector desvío hacia Valle Las Arenas	WGS 84 - 19H 406793 E 6257613 S	Abanico aluvial, cono de deyección, deformación de rocas sedimentarias.

OTROS VALORES	Montañismo y escalada, además de altas probabilidades de aparición de grupos de cóndores.

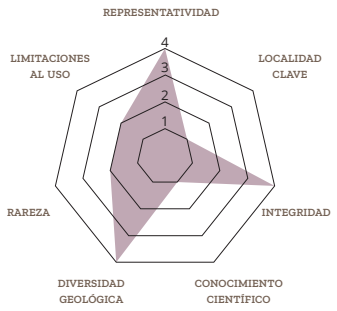
ACCESIBILIDAD

El geositio Silla del Diablo se encuentra al costado del camino que llega hasta el geositio Termas de Colina (acceso libre). El camino es de tierra, pero se encuentra en buenas condiciones debido a que grandes empresas que trabajan en la zona se encargan de mantener el camino en buen estado para sus propios procedimientos. El camino es apto para todo vehículo, sin embargo, en invierno es probable encontrar nieve estacional y en algunos casos se recomienda el uso de cadenas.

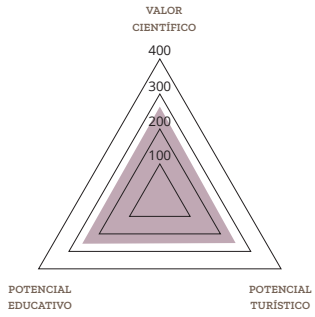
USO ACTUAL Y PROPUESTA

La zona es visitada ocasionalmente por cursos universitarios asociados a las Ciencias de la Tierra y no presenta ninguna limitación de uso. Se sugiere la instalación de paneles informativos que ahonden en los elementos de interés geológico de este geositio para aquellos visitantes que no se encuentren acompañados de guías turísticos.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
20/40	20/40	13/40	20/40
275/400	255/400	265/400	165/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G03 - Remoción en Masa Cerro Divisadero
G23 - Remoción en Masa Las Amarillas
G39 - Remoción en Masa Los Monjes

Área geográfica:

G28 - Punta Zanzi
G27 - Estratos Marinos de Lo Valdés
G30 - Icnitas del Valle las Arenas

G-30 · Icnitas del Valle Las Arenas

En el Valle Las Arenas se observan varios bloques caídos pertenecientes a la Formación Río Damas, que muestran diversas estructuras sedimentarias tales como ondulitas, marcas de gotas de lluvia, grietas de desecación y, en particular, dos bloques con icnitas de vertebrados. Uno de estos bloques presentaría huellas de dinosaurios, probablemente del Orden Sauropoda, mientras que el otro muestra impresiones de un reptil pequeño (Lacerta incertae sedis). Las capas sedimentarias de este bloque rocoso, están compuestas por una secuencia alternada de limo, arena fina, arena gruesa y grava, contenidas en una matriz de grano fino y arena (Moreno, 2007 en Benado, 2013).

Las huellas que se presentan en este geositio miden entre 15 y 25 cm de ancho y se disponen de forma desordenada, por lo que en principio no correspondería a una pista estructurada y es posible que hayan sido realizadas por más de un animal (Benado, 2013). La misma fuente describe que las icnitas del probable pequeño reptil son improntas de manos y pies de 2 a 3 cm cada una, que conforman una pista de ~50 cm de extensión.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Registro Paleontológico	2.400 m.s.n.m (observación)	Valle Las Arenas	WGS 84 - 19H 405362 E 6259379 S	Icnitas de dinosaurio, ondulitas, grietas de desecación, depósitos de remociones en masa.

OTROS VALORES	Práctica de escalada, zona de vegas andinas.

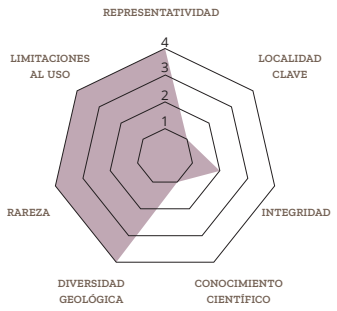
ACCESIBILIDAD

El geositio "Huellas de Dinosaurio se encuentra a ~5 km hacia el interior del Valle de las Arenas y a ~12 km del poblado Baños Morales (Google Earth). Se accede por la ruta G-25 hasta el Puente Colina y posteriormente tomando el desvío hacia el valle La Engorda. Aproximadamente en el kilómetro n°5 de la ruta se encuentran los bloques con registros paleontológicos mencionados. Desde el punto al cual se accede en vehículo, se debe caminar ~250 metros en una zona sin mayor dificultad. Sin embargo, debido a la altitud en invierno los bloques de interés se pueden encontrar cubiertos de nieve.

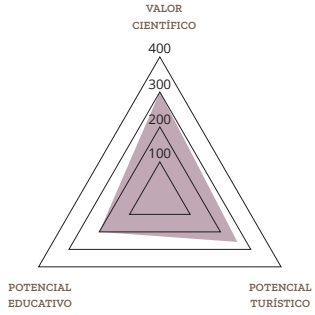
USO ACTUAL Y PROPUESTA

Actualmente este geositio no presenta uso activo. Muy ocasionalmente este bloque de roca es visitado por científicos o lugareños que conocen su ubicación. No obstante, este geositio se encuentra a un costado del campamento de trabajo del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, lo que eventualmente podría significar una restricción de uso o degradación. Se sugiere incentivar la investigación paleontológica en este geositio, ya que son muy escasas las referencias científicas al respecto. Además, se sugiere generar alguna medida de conservación concreta y a corto plazo, ya que se trata del único bloque con estas características en toda la comuna.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUPUNTAJE

11/40	20/40	29/40	1/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
295/400	255/400	205/400	340/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G27 - Estratos Marinos de Lo Valdés

Área geográfica:

G23 - Remoción en Masa Las Amarillas
G24 - Morrena del Morado
G29 - Remoción en Masa Silla del Diablo

G-31 · Glaciar Colgante El Morado

El Glaciar Colgante el Morado se encuentra en el Valle Las Arenas, y presenta unos 2km de extensión desde su cabecera (~4.460 m.s.n.m.) hasta su base (3.310 m.s.n.m.). Este glaciar se clasifica como un glaciar de valle con características típicas de glaciar de frente desprendente. Su morfología comprende un cuerpo glaciar con zonas de acumulación y ablación bien determinadas, separadas por una línea de equilibrio localizada aproximadamente en los 4.050 m.s.n.m. (Benado, 2013).

En su zona distal, la configuración morfológica se caracteriza por la existencia de una laguna glaciar, originada por el efecto de erosión generado por el paso del glaciar y el posterior relleno con agua debido al retroceso del cuerpo de hielo. La formación de la laguna es propiciada por la existencia de tres cordones morrénicos terminales, los cuales actúan como barrera de contención del agua de fusión, represando y favoreciendo la acumulación de agua en la laguna (Benado, 2013).

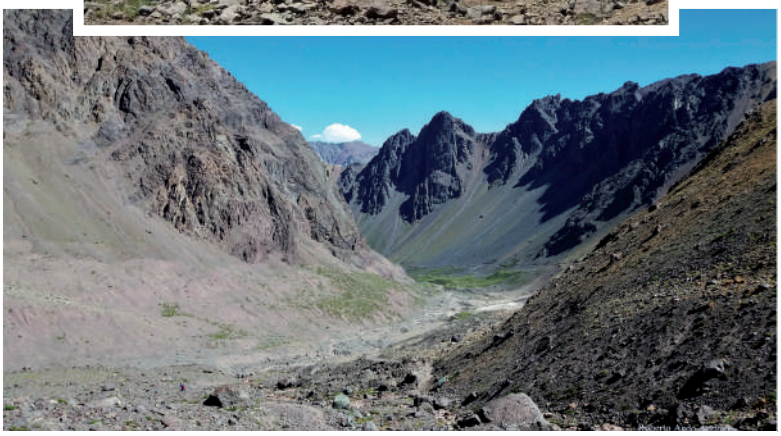
El glaciar pasa sobre rocas plegadas de la Formación Abanico (Cenozoico) y Colimapu (Mesozoico). Ambas son formaciones volcánicas continentales con intercalaciones de lavas y rocas sedimentarias.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Glaciares y formas asociadas	3.265 m.s.n.m (laguna)	Valle Las Arenas	WGS 84 - 19H 401666 E 6265531 S	Glaciar colgante, circo glacial, laguna proglacial, morrenas.

OTROS VALORES	Valor ecológico asociado a observación de aves cordilleranas como el cóndor.

ACCESIBILIDAD

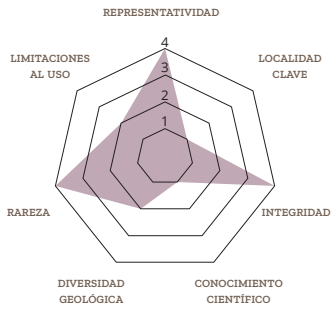
El Glaciar Colgante El Morado se encuentra a ~12 km hacia el interior del Valle de las Arenas y a ~16 km del poblado Baños Morales. Se accede por la ruta G-25 hasta el Puente Colina y posteriormente tomando el desvío hacia el valle La Engorda. Aproximadamente en el kilómetro n°5 de la ruta hacia el glaciar, el camino se encuentra en malas condiciones y es necesario contar con vehículo de doble tracción. Sin embargo, superado este obstáculo el vehículo puede acercar a los usuarios hasta aproximadamente 4 km del glaciar mismo, desde donde se debe realizar una caminata de ~2 horas y media hasta la laguna proglacial. El acceso hasta este geositios es liberado.



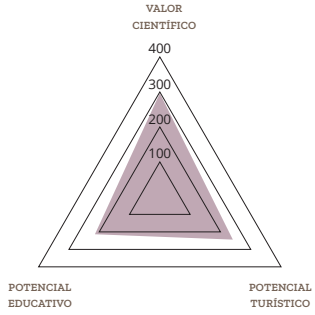
USO ACTUAL Y PROPUESTA

El Glaciar Colgante el Morado es visitado únicamente con fines turísticos. Se requiere un vehículo de doble tracción y además realizar una caminata que supera los 3.000 m.s.n.m. por lo que no es muy concurrido. Se sugiere que el camino hacia el glaciar cuente con una mejor señalización, para aquellas personas que no conocen la ruta. Se sugiere también que se incluya en las distintas rutas geológicas del Geoparque, para poner en valor la importancia de los glaciares en el contexto del siglo XXI.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

11/40	26/40	28/40	11/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
295/400	240/400	215/400	195/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G16 - Glaciar Echaurren Norte
G25 - Laguna Morales
G26 - Sistema Glaciar El Morado - San Francisco

Área geográfica:

G28 - Punta Zanzi
G29 - Remoción en Masa Silla del Diablo
G30 - Icnitas del Valle las Arenas

G-32 · Termas Baños Colina

El geositio "Termas de Colina" se encuentra en un terreno privado aproximadamente a 12 km del sector de Lo Valdés. Consisten en siete a ocho pozas ovaladas distribuidas en la ladera del cerro formando terrazas. El agua termal aflora a través de depósitos de yeso que pertenecen a la Formación Río Colina. A partir de este punto las aguas son canalizadas para facilitar su escorrentía hacia cotas inferiores, abasteciendo las piscinas termales (Pincetti, 2016).

En la surgencia principal de agua, se registró la mayor temperatura (52 °C), la cual va disminuyendo a medida que se ubican más distantes al origen y se mezclan con aguas de menor temperatura. Además, se presentan las aguas de mayor concentración de Boro en toda la comuna (31,6 mg/l) (Benado, 2013). Según Bustamante et al. (2010), estos dos últimos antecedentes indicarían que el punto surgente de los Baños Colina sería, entre todas las termas de la comuna, el más cercano a una posible fuente de calor cogenética, probablemente el Volcán San José (Benado, 2013). Además, el agua se presenta de color turquesa y con sabor intensamente salado, ambas propiedades debido a la gran cantidad de sales disueltas que contiene (Pincetti, 2016).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Fuentes Termales y Aguas Minerales	2.525 m.s.n.m (observación)	Valle del río Colina	WGS 84 - 19H 409240 E 6253736 S	Aguas termales a alta temperatura, afloramientos de yeso, deformación de rocas.

OTROS VALORES	Cultura de arrieros, agua con propiedades curativas, productos cosméticos locales.

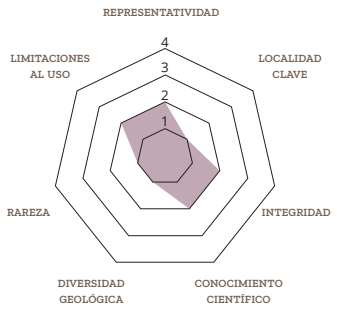
ACCESIBILIDAD

Este geositio puede ser visitado en todo tipo de vehículo. Sin embargo, para esto se debe pagar el derecho a entrada obligatorio ($8.000 CLP) justo en la entrada del geositio, ya que se encuentran en un predio privado localizado en el límite de la ruta G-25, en la entrada del valle del río Colina. En los meses de invierno puede precipitar nieve en la ruta, pero al no presentar esta mayor pendiente o eventos, no representa una limitante para el acceso.

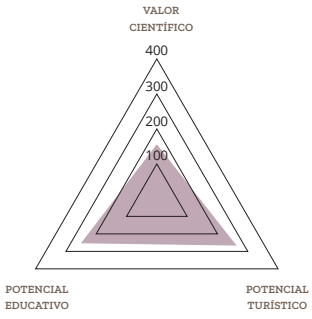
USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio se encuentra en un terreno de propiedad privada y se debe pagar por el ingreso. Es uno de los atractivos turísticos más importantes y reconocidos de la comuna, siendo especialmente concurridas en fines de semana y períodos de vacaciones. Por esto, se sugiere la instalación de un punto de información del Geoparque Cajón del Maipo, con información general respecto a la comuna y al contexto geológico de esta zona en específico. Se sugiere también el desarrollo de una ruta geológica que tenga este geositio como punto de partida y que recorra el valle del río colina y sus distintos lugares de interés geológico.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
37/40	12/40	13/40	6/40
160/400	280/400	265/400	250/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G18 - Termas del Plomo

G37 - Termas Puente de Tierra

Área geográfica:

G29 - Remoción en Masa Silla del Diablo

G33 - Cárcavas de Colina

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

G-33 · Cárcavas de Colina

Una cárcava es un canal natural o incisión causado por un flujo de agua concentrado, a través del cual fluye la escorrentía durante o inmediatamente después de un evento intenso de lluvia (SCSA, 1982 en Bravo-Espinosa, 2010).

Las cárcavas se pueden formar debido a actividades antrópicas como el uso inapropiado del suelo, sobrepastoreo, construcción de caminos, etc. Pero también pueden ser generadas por factores físicos como la lluvia intensa, las condiciones topográficas, gradiente de laderas, características locales del suelo, entre otros. Así, la profundidad de las cárcavas se relaciona con el esfuerzo cortante de caudales generados en eventos extraordinarios de lluvia (Bocco, 1991 en Bravo-Espinosa, 2010).

La erosión en cárcavas ha sido ignorada porque es difícil de investigar y de predecir, también es escasa la información sobre la efectividad de técnicas para su control (Poesen et al., 2003 en Bravo-Espinosa, 2010). Sin embargo, en el caso del geositio Cárcavas de Colina esto no representa un verdadero problema, ya que no hay presencia de infraestructuras o de comunidades que se puedan ver perjudicadas por su crecimiento progresivo en el tiempo.

En este geositio se observan pilares de superficies afiladas, formadas en depósitos cuaternarios no consolidados de brechas. Estas cárcavas tienen unos 30 metros de altitud desde el suelo y unos 250 metros de extensión horizontal.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Morfología Fluvial	2.510 m.s.n.m (observación)	Valle del río Colina	WGS 84 - 19H 409608 E 6252792 S	Depósitos cauternarios de remociones, surcos de erosión, morfología tipo cárcavas.

OTROS VALORES	Este geositio no presenta otros valores asociados.

ACCESIBILIDAD

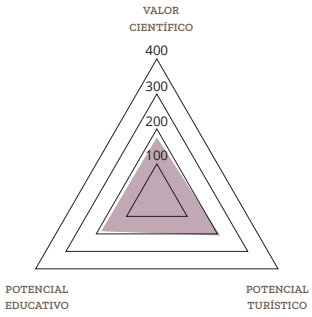
Este geositio puede ser visitado en todo tipo de vehículo. Sin embargo, para esto se debe pagar el derecho a entrada ($8.000 CLP) obligatorio ubicado en el acceso al geositio Baños Colina (1 km de distancia). El punto de observación recomendado que permite una buena apreciación paisajística y didáctica es desde un pequeño puente que se encuentra sobre un estrecho curso de agua a sólo 1km de distancia de la barrera de entrada.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio no presenta ningún uso activo. En algunas ocasiones es visitado por turistas, pero sólo debido a su cercanía (1 km) con el geositio Termas de Colina. Además, debido a la presencia del río Colina, este geositio no tiene fácil acceso para ser observado in situ. Así, se sugiere el desarrollo de una ruta geológica que comience en las Termas de Colina y se adentre por el valle del río Colina, donde las Cárcavas de Colina sean una parada de interés.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
35/40	34/40	34/40	17/40
180/400	205/400	190/400	180/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G06 - Cascada de las Ánimas
G13 - Cascada el Yeso
G36 - Puente el Cristo

Área geográfica:

G32 - Termas Baños Colina
G34 - Glaciar Nieves Negras

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

G-34 · Glaciar Nieves Negras

El geositio "Glaciar Nieves Negras" se emplaza en la cabecera del Cajón Nieves Negras, subiendo por el valle del río Colina, en el flanco sur del edificio volcánico San José. La cabecera del valle corresponde a dos mega anfiteatros, encontrándose la cabecera del glaciar a 5.000 m.s.n.m. y el frente a los 3.000 m.s.n.m. (García, 2014). Se trata de un glaciar semicubierto; descubierto en su parte superior y cubierto con detritos en su mitad inferior. En esta última zona, el hielo solo aflora esporádicamente (García, 2014).

Su morfología comprende dos morrenas laterales bien definidas, las cuales descienden por el valle siguiendo la topografía local y dejando claras evidencia de su poder erosivo y de deposición. Estas morrenas se exponen como depósitos elongados adosados o no a las laderas del valle, y generalmente poseen una expresión morfológica prominente. A veces estos depósitos han sido retrabajados por procesos paraglaciales y periglaciales, modificando su morfología original (Ballantyne, 2002 en García, 2014).

Al igual que en el caso del glaciar El Morado, una importante cobertura detrítica superficial, derivada de procesos típicos de ambientes periglaciales, podría estar generando aislación térmica del hielo existente bajo la cobertura detrítica. Este hecho propiciaría la mantención del hielo a través de la minimización de los procesos de fusión natural del glaciar (Benado, 2013).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Glaciares y Morfologías Asociadas	2.700 m.s.n.m (observación)	Cabecera Valle del río Colina	WGS 84 - 19H 415428 E 6254712 S	Estratovolcán, Lengua Glaciar, Valle y Morrenas Glaciares.

OTROS VALORES	Cultura de arrieros, ganadería.

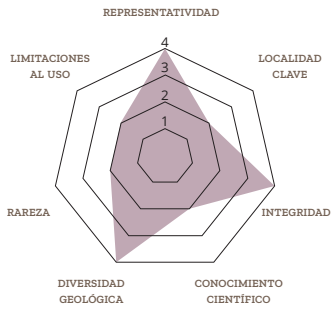
ACCESIBILIDAD

Para visitar este geositio, se debe realizar como mínimo una caminata de ~11 km (ida y vuelta) de extensión. Esta caminata comienza desde el geositio Termas de Colina que es alcanzable en todo tipo de vehículo, y donde se debe pagar el derecho a entrada ($8.000 CLP). Esta excursión permite llegar a un punto de observación con buena vista hacia el glaciar y sus formas asociadas. Sin embargo, también se puede realizar una caminata hasta la lengua glaciar, sumando ~16 km de extensión (ida y vuelta). Las condiciones de la ruta y el sendero asociado son buenas, no obstante, la distancia a recorrer es un elemento limitante para ciertos tipos de visitantes.

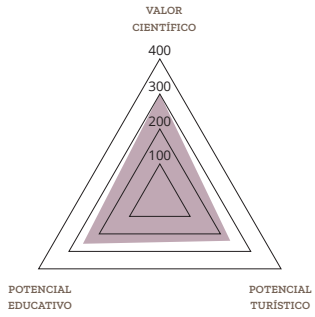
USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio presenta como principal uso la escalada deportiva. Además, ofrece un atractivo paisajístico de gran belleza al ser observado desde el camino hacia el Valle de las Arenas. Sin embargo, son pocas las personas que comprenden sus atributos desde el punto de vista geológico. Se sugiere la instalación de un panel informativo que funcione de manera complementaria al panel informativo propuesto en el geositio Silla del Diablo, ya que se encuentran muy cerca uno de otros y además pertenecen al mismo ambiente geológico.

VALOR CIENTÍFICO



VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUPUNTAJE

9/40	30/40	15/40	33/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
300/400	225/400	260/400	120/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G25 - Laguna Morales
G26 - Sistema Glaciar El Morado - San Francisco
G31 - Glaciar Colgante El Morado

Área geográfica:

G29 - Remoción en Masa Silla del Diablo
G32 - Termas Baños Colina
G33 - Cárcavas de Colina

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

G-35 · Volcán San José

El Volcán San José se emplaza ~45 km al este en línea recta desde el poblado San José, y desde sus laderas surgen las nacientes del río Volcán. Este complejo volcánico posee varios centros de emisión alineados, que forman dos edificios volcánicos principales superpuestos (SERNAGEOMIN, 2017). El volcán sur es el cono principal, con cuatro cráteres centrales que forman una depresión, en la cual se encuentra el cráter activo con actividad fumarólica casi permanente (SERNAGEOMIN, 2017). El volcán septentrional posee un ancho cráter abierto y dos pequeños conos. Todo este complejo está cubierto por extensos glaciares en su flanco oriental y varios de menor volumen en el sector occidental, siendo el geositio Glaciar Nieves Negras uno de los más importantes (SERNAGEOMIN 2017).

Los productos de este volcán, de composición esencialmente andesítica, son principalmente lavas y depósitos piroclásticos de caída, acumulados en torno a los cráteres que podrían corresponder a productos de erupciones vulcanianas o freatomagmáticas (SERNAGEOMIN 2017).

Existen numerosos reportes de actividad eruptiva reciente, que alcanzarían hasta 21 eventos posiblemente ocurridos entre 1822 y 1960. A pesar de ser éste un volcán históricamente activo, una revisión actualizada del registro histórico (Petit-Breuilh, 2011) indica que no existen evidencias claras de erupciones importantes y, más aún, ningún dato que confirme los reportes como actividad eruptiva propiamente tal (SERNAGEOMIN, 2017).

Los principales peligros de una eventual erupción del Volcán San José corresponden a caída de piroclastos, flujos de lava y lahares; y en menor medida, flujos piroclásticos y avalanchas volcánicas (SERNAGEOMIN, 2017).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Volcanismo	5.856 m.s.n.m (cima)	Valle del río Volcán	WGS 84 - 19H 416479 E 6260998 S	Estratovolcán, cráteres y fumarolas activas, coladas de lava, glaciares.

OTROS VALORES	Historia asociada al montañismo, presencia de glaciares que alimentan de agua a distintos valles.

ACCESIBILIDAD

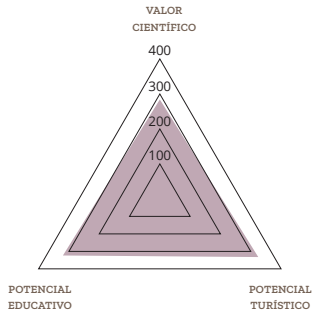
Para ascender al Volcán San José, la vía más común es desde el refugio Plantat en el valle La Engorda. Es un trekking de alta montaña, de dificultad moderada-alta que requiere experiencia en andinismo, y de aproximadamente una semana de duración (ida y vuelta). Sin embargo, este geositio puede ser observado a lo largo de varios kilómetros a medida que se avanza por el valle del río Volcán.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Actualmente, este geositio sólo es aprovechado para el montañismo y de manera poco frecuente debido a la duración y complejidad de la expedición. En el contexto del Geoparque Cajón del Maipo y apuntando hacia una mejor accesibilidad global, se sugiere que este geositio cuente con un mirador en el sector de Baños Morales, con paneles explicativos que apunten hacia una clara interpretación de los procesos asociados a su formación y dinámica actual. Esto es necesario, ya que son pocas las personas que cuentan con las capacidades para realizar la expedición de ascenso al volcán, y son muchas las personas que lo pueden observar desde el valle del río Volcán.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
14/40	3/40	6/40	24/40
290/400	320/400	315/400	155/400

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G11 - Volcán Tupungatito

G40 - Centro Eruptivo Volcán Maipo - Caldera Diamante

Área geográfica:

G32 - Termas Baños Colina

G33 - Cárcavas de Colina

G34 - Glaciar Nieves Negras

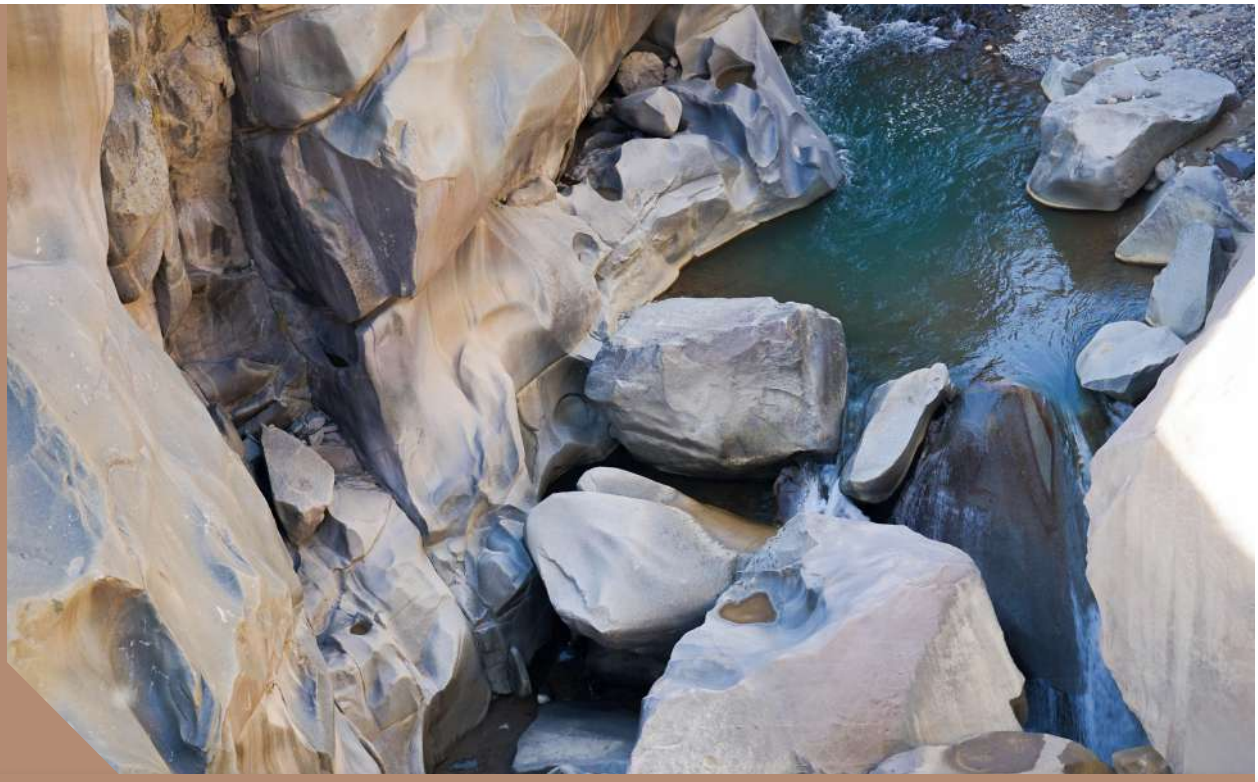
RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

ZONA 5

Valle del Río Maipo - Zona alta

El valle del rio Maipo alto cubre aproximadamente 1.505 km^2 de extensión, lo que significa un 30% de la superficie comunal, y un 10% de la superficie total de la Región Metropolitana. En él se encuentran algunos pequeños poblados como Los Queltehues y Las Melosas, ambos ubicados en los primeros kilómetros de la ruta. Este es el segundo valle de mayor extensión de este territorio, aunque contiene solo 5 de los 40 geositios incluidos en el inventario. Uno de los geositios destacados de esta zona es Puente El Cristo, que se instala en el segundo puesto del ranking de potencial educativo, y en el tercer puesto del ranking de potencial turístico. Por otro lado, desde el punto de vista del valor científico destaca el geositio Centro Eruptivo Volcán Maipo – Caldera Diamante, que, a pesar de su lejanía geográfica y complejas condiciones de acceso, se instala como el segundo geositio de mayor valor científico de todo el Cajón del Maipo.



G-36 · Puente el Cristo

El geositio "Puente El Cristo" se ubica aproximadamente a 2 km de la localidad de El Romeral, aguas arriba por el río Maipo. Su nombre esté asociado a una antigua mina de cobre ubicada unos cuantos kilómetros aguas arriba, cercana a la localidad de Las Melosas. Esta mina fue explotada por una empresa alemana que la abandonó al llegar la Segunda Guerra Mundial (Espinosa et al., 2011), pero aún es posible observar parte de sus antiguas infraestructuras (Benado, 2013).

En la zona donde fue construido el puente, el río Maipo corta los granitoides del Plutón San Gabriel, formando una estrechísima y abrupta garganta de ~15 m de alto donde es posible observar abundantes morfologías fluviales como cárcavas, superficies pulidas y marmitas de gigantes, además de algunas secciones del intrusivo diaclasadas. Desde el mismo puente, mirando hacia el oeste, es posible observar claramente el contacto entre los estratos de la Formación Abanico y el Plutón San Gabriel (Benado, 2013).

Es posible que la abrupta garganta que se observa en el puente El Cristo haya sido provocada por una fuerte incisión de las aguas al retroceder un antiguo glaciar, y/o facilitado por la acción de una falla, sin embargo su origen aún es incierto y materia de discusión. (Benado, 2013). Es importante mencionar que, en este mismo sector, cuando la central hidroeléctrica Queltehues libera parte de su caudal, es posible observar en la ribera noreste del río un espectacular salto de agua artificial conocido como el Velo de La Novia, por la apariencia que toma el agua al caer. (Benado, 2013).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Morfología Fluvial	1.380 m.s.n.m	Poblado Las Melosas	WGS 84 - 19H 386754 E 6256861 S	Roca intrusiva, erosión fluvial, contacto de formaciones geológicas.

OTROS VALORES	Presencia de Central hidroeléctrica Queltehues. Puente el Cristo de gran antigüedad.

ACCESIBILIDAD

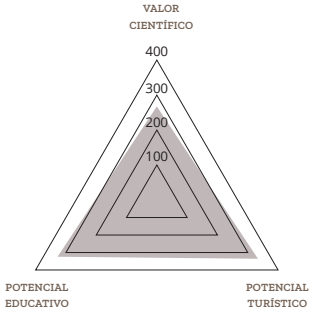
El lugar es accesible en cualquier tipo de vehículo y se encuentra a unos ~7 km del poblado San Gabriel y ~2 km de la localidad de Romera, por el camino a Los Queltehues (ruta G-465). El puente se encuentra en condiciones regulares, aunque se debe tener precaución al transitar por este, ya que se trata de una infraestructura bastante antigua. En la zona existen distintos accesos informales al río que permiten observar el geositio desde distintas perspectivas.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio actualmente es utilizado con fines turísticos. Además del puente mismo, desde donde se puede observar la garganta que ha desarrollado el río Maipo en el Plutón San Gabriel, también existen accesos informales hacia una pequeña cascada y hacia la orilla del río, las cuales son regularmente utilizadas por turistas de manera gratuita, presentando algunas condiciones de inseguridad. Se sugiere implementar un mirador seguro con buenas condiciones de observación y seguridad, que cuente con información respecto a las condiciones geológicas/geomorfológicas. Por otro lado, se sugiere la restricción de acceso libre a algunas zonas que pueden representar un peligro para los turistas.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

24/40	3/40	2/40	12/40
VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
265/400	320/400	330/400	190/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G02 - Terrazas Fluviales de Las Vertientes
G13 - Cascada el Yeso
G33 - Cárcavas de Colina

Área geográfica:

G12 - Ignimbrita Pudahuel en Los Piches
G19 - Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel

G-37 · Termas Puente Tierra

El geositio Termas Puente de Tierra, como el nombre lo dice es un afloramiento de aguas termales que generan algunas pozas, y además terminan por desembocar sus aguas a altas temperaturas directamente en el frío río Maipo.

Las rocas que afloran en el área presentan gran diversidad litológica, siendo posible observar capas de yeso, estratos de areniscas continentales rojas y depósitos volcánicos pertenecientes a la Formación Colimapu, en contacto con lutitas marinas.

Se presenta además un depósito de travertinos que forma un puente natural de ~5 m de longitud, a ~8 m sobre el nivel del río Maipo. Es tal vez el único punto que permite cruzar el río Maipo después de su confluencia con el río Barroso, y décadas atrás era habitualmente usado por los arrieros que llevaban sus ganados a pastorear.

Las termas Puente de Tierra consiste en tres pozas ovaladas de ~2 m de diámetro cada una, cuyas aguas pueden clasificarse como mesotermal debido a su temperatura promedio de 42°C y relativamente acidas por su pH ~6. Su composición química es del tipo clorurada sódica (Bustamante et al., 2010). Estas aguas presentan gran cantidad de sólidos disueltos, lo cual podría explicar el desarrollo de los depósitos de travertinos en sus cercanías (Hauser, 1997).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Fuentes Termales y Aguas Minerales	2.710 m.s.n.m	Valle del Maipo Alto Fundo Gasco	WGS 84 - 19H 0415263 E 6216891 S	Fuente termal, aguas mineralizadas, depósitos sedimentarios químicos, puente natural sobre el río Maipo.

OTROS VALORES	Presencia de un conjunto arquitectónico del Imperio Inca. Existen investigaciones al respecto. Este sitio también ha sido históricamente utlizado por arrieros.

ACCESIBILIDAD

El acceso a este predio se encuentra restringido por razones de seguridad y salvaguarda de infraestructura de interés nacional. Pueden ingresar quienes tienen contratos de servidumbre de paso con Gasco, además de organismos públicos y académicos que lo soliciten con fines de investigación.

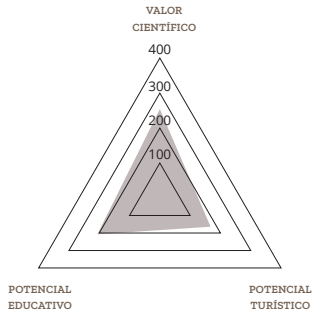
Adicionalmente existe un "*Permiso especial de acceso para montañistas*", un estricto protocolo que debe ser seguido por quienes deseen hacer una expedición. Se exige contar con experiencia comprobada, apoyo logístico, equipamiento adecuado, teléfono satelital y una detallada planificación de la ruta.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio es conocido por muy pocas personas de la comuna de San José de Maipo y a nivel general, debido a las limitaciones de acceso hacia el lugar. Se sugiere que este geositio, en conjunto con los demás que se presentan en la zona alta del valle del río Maipo, formen parte de una ruta de interés científico que se realice limitadas veces durante el año, evitando así mayores impactos en su entorno. Al mismo tiempo, se sugiere que el protocolo de acceso sea simplificado, permitiendo que los habitantes de la comuna y otras personas con intereses especiales puedan acceder al lugar.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
24/40	38/40	29/40	9/40
265/400	175/400	205/400	215/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G32 - Termas Baños Colina

G18 - Termas del Plomo

Área geográfica:

G38 - Columnas Basálticas Cruz de Piedra

G29 - Remoción en Masa Los Monjes

G-38 · Columnas Basálticas

Los volcanes al hacer erupción arrojan lava, la cual puede tomar algo de tiempo en enfriarse completamente. Al irse enfriando lentamente la lava se contrae y se rompe o fractura en geometrías características. Esto sucede especialmente en lavas de composición basáltica o los llamados basaltos. Cuando la contracción surge y las fracturas ocurren con centros igualmente espaciados, entonces la geometría desarrolla un patrón hexagonal, como se puede observar en la figura (UNAM, 2015).

El patrón de fractura que se forma en la superficie de enfriamiento tenderá a propagarse hacia abajo al irse enfriando la lava, formando fracturas largas. Así, se van formando columnas o pilares regulares más o menos verticales con forma de prismas poligonales, predominando las formas hexagonales, lo que es claramente identificable en las fotografías (UNAM, 2015).

Las columnas basálticas que se encuentran en la zona alta del valle del río Maipo están compuestas por basaltos de olivino y tienen una posición sub-vertical. El afloramiento corresponde a un cerro rocoso que tiene una altura aproximada de 130 metros desde la base. Las columnas que posee tienen un diámetro promedio de 80 cm., y la mayoría de estas presentan formas hexagonales. En general las rocas están muy frescas, aunque se observa un pequeño porcentaje de minerales de alteración en algunas fracturas.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Volcanismo	2.840 m.s.n.m	Valle del Maipo Alto - Fundo Gasco	WGS 84 - 19H 416571 E 6215999 S	Rocas volcánicas prismáticas, basaltos columnares.

OTROS VALORES	Presencia de guanacos, vegas y vegetación propia del piso altoandino.

ACCESIBILIDAD

El acceso a este predio se encuentra restringido por razones de seguridad y salvaguarda de infraestructura de interés nacional. Pueden ingresar quienes tienen contratos de servidumbre de paso con Gasco, además de organismos públicos y académicos que lo soliciten con fines de investigación.

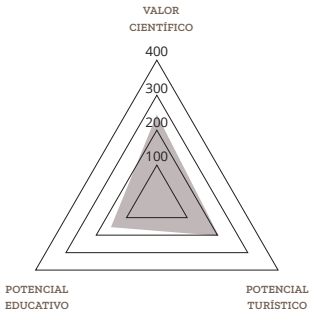
Adicionalmente existe un "Permiso especial de acceso para montañistas", un estricto protocolo que debe ser seguido por quienes deseen hacer una expedición. Se exige contar con experiencia comprobada, apoyo logístico, equipamiento adecuado, teléfono satelital y una detallada planificación de la ruta.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este impresionante geositio es conocido por muy pocas personas de la comuna de San José de Maipo y a nivel general, debido a las limitaciones de acceso hacia el lugar. Se sugiere que este geositio, en conjunto con los demás que se presentan en la zona alta del valle del río Maipo, formen parte de una ruta de interés científico que se realice limitadas veces durante el año, evitando así mayores impactos en su entorno. Al mismo tiempo, se sugiere que el protocolo de acceso sea simplificado, permitiendo que los habitantes de la comuna y otras personas con intereses especiales puedan acceder al lugar.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
27/40	34/40	38/40	39/40
250/400	205/400	165/400	65/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G04 - Cerro Likán
G12 - Ignimbrita Pudahuel en Los Piches
G40 - Centro Eruptivo Volcán Maipo - Caldera Diamante

Área geográfica:

G39 - Remoción en Masa Los Monjes
G40 - Centro Eruptivo Volcán Maipo - Caldera Diamante

G-39 · Remoción en masa Los Monjes

Los fenómenos de remoción en masa son procesos de transporte de material, definidos como procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de distintos factores (Hauser, 1993 en Lara, 2007). En la mayoría de estos, el agua constituye uno de los principales desencadenantes al originar drásticas disminuciones de la resistencia al corte y presiones intersticiales a lo largo de la superficie de ruptura (Hauser, 2000).

En el caso del geositio Los Monjes, se trata de un antiguo flujo de detritos que actualmente se presenta como un depósito sedimentario no consolidado. Los flujos son movimientos de masas de suelo, detritos o bloques rocosos con abundante presencia de agua, siendo esta el principal agente desencadenante. El material se encuentra disgregado y se comporta como un fluido, sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de rotura definidas (Hauser, 2000).

En el caso de los flujos de detritos, incluye materiales granulares inorgánicos y orgánicos que fluyen rápidamente ladera abajo, confinados en cursos preexistentes (Van Dine, 1985 en Hauser, 2000). Cabe mencionar que estos flujos poseen una pesada carga de sedimentos, transportando gran cantidad de material granular grueso, no cohesivo, como arena, grava, bolones y bloques (Chen-Lung, 1987 en Hauser, 2000).

En Los Monjes es posible identificar estructuras verticales, en forma de pilares que llegan a una altura aproximada de 20 metros desde el suelo. Estos pilares están constituidos por una serie de depósitos asociados a procesos de flujos de detritos. Por esto, se pueden ver clastos de distintos tamaños y composiciones, predominantemente angulosos, que se encuentran inmersos en una matriz de sedimentos finos, de tipo arcillosos.

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Remociones en Masa	3.140 m.s.n.m	Valle del Maipo Alto - Fundo Gasco	WGS 84 - 19H 418137 E 6213970 S	Conos de deyección, estructuras sedimentarias, remociones en masa.

OTROS VALORES	Presencia de guanacos, vegas y vegetación propia del piso altoandino.

ACCESIBILIDAD

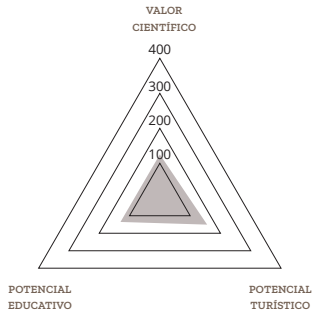
El acceso a la zona del valle en la que se presenta este geositio, se encuentra restringido por razones de seguridad y salvaguarda de infraestructura de interés nacional. Pueden ingresar quienes tienen contratos de servidumbre de paso con Gasco, además de organismos públicos y académicos que lo soliciten con fines de investigación. Adicionalmente existe un "Permiso especial de acceso para montañistas", un estricto protocolo que debe ser seguido por quienes deseen hacer una expedición. Se exige contar con experiencia comprobada, apoyo logístico, equipamiento adecuado, teléfono satelital y una detallada planificación de la ruta.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

Este geositio es conocido por muy pocas personas de la comuna de San José de Maipo y a nivel general, debido a las limitaciones de acceso hacia el lugar. Se sugiere que este geositio, en conjunto con los demás que se presentan en la zona alta del valle del río Maipo, formen parte de una ruta de interés científico que se realice limitadas veces durante el año, evitando así mayores impactos en su entorno. Al mismo tiempo, se sugiere que el protocolo de acceso sea simplificado, permitiendo que los habitantes de la comuna y otras personas con intereses especiales puedan acceder al lugar.

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
39/40	39/40	40/40	36/40
135/400	160/400	135/400	100/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G03 - Remoción en Masa Cerro Divisadero
G23 - Remoción en Masa Las Amarillas

Área geográfica:

G37 - Termas Puente de Tierra
G38 - Columnas Basálticas Cruz de Piedra
G40 - Centro Eruptivo Volcán Maipo - Caldera Diamante

G-40 · Centro eruptivo Volcán Maipo - Caldera Diamante

El geositio Volcán Maipo es un gran estratovolcán que forma parte del centro eruptivo Volcán Maipo-Caldera Diamante, y está ubicado en el extremo sureste de la comuna, en la frontera con Argentina (Benado, 2013). Se trata de uno de los geositios con mayor valor científico en todo el territorio.

Su edificio volcánico, que alcanza los 5.264 m.s.n.m., incluye lavas y depósitos piroclásticos producto de su actividad central y un cono de tefra y lava en sus flancos. Su historia se remonta a ~450 mil años atrás, cuando ~450 kilómetros cúbicos de material rico en pómez fue evacuado de una cámara magmática poco profunda, provocando el colapso del techo de la cámara y la subsecuente formación de la caldera de colapso conocida como Caldera Diamante (Stern et al., 1984 en Benado, 2013). Esta caldera es una gran depresión de ~20 km de diámetro en sentido este-oeste, y de 15km en sentido norte-sur. Se encuentra excavada en sedimentitas mesozoicas, volcanitas y cuerpos subvolcánicos neógenos. El o los eventos eruptivos que provocaron su formación han sido clasificados con un índice de explosividad volcánica 7, siendo de las mayores explosiones conocidas en el último millón de años (Sruoga et al., 2012 en Benado, 2013).

Desde hace ~100.000 años atrás este centro eruptivo ha comenzado a tener sucesivas reactivaciones, lo cual ha causado una progresiva acumulación de coladas de lava y escoria que han dado la forma y altura del volcán que vemos hoy (SEGEMAR, 2008 en Benado, 2013). Aun así, el centro eruptivo posee un registro histórico incierto y carece de manifestaciones fumarólicas o hidrotermales. Tentativamente, la última erupción tuvo lugar en 1912 (Sruoga et al., 2012).

ÁREA TEMÁTICA	ALTITUD	REFERENCIA GEOGRÁFICA	COORDENADAS UTM	ATRIBUTOS GEOLÓGICOS
Volcanismo	3.500 m.s.n.m (observación) 5.264 m.s.n.m. (cima)	Valle del Maipo Alto Fundo Gasco	WGS 84 - 19H 0426107 E 6213419 S	Estratovolcán, caldera de colapso, glaciares, depósitos lacustres.

OTROS VALORES	Grandes grupos de guanacos, investigaciones arqueológicas, paso internacional de comercio e intercambio cultural.

ACCESIBILIDAD

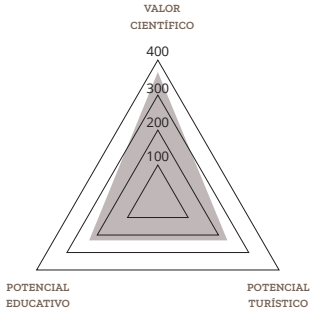
El acceso a este predio se encuentra restringido por razones de seguridad y salvaguarda de infraestructura de interés nacional. Pueden ingresar quienes tienen contratos de servidumbre de paso con Gasco, además de organismos públicos y académicos que lo soliciten con fines de investigación. Adicionalmente existe un "Permiso especial de acceso para montañistas", un estricto protocolo que debe ser seguido por quienes deseen hacer una expedición. Se exige contar con experiencia comprobada, apoyo logístico, equipamiento adecuado, teléfono satelital y una detallada planificación de la ruta.

USO ACTUAL Y PROPUESTA

El Volcán Maipo es un geositio que se encuentra administrativamente dividido, con una pequeña porción en territorio chileno y otra de mayor superficie en territorio argentino. La parte presente en territorio chileno no presenta ningún uso hasta el momento, y es conocido por muy pocas personas a nivel general, debido a las limitaciones de acceso hacia el lugar. Se sugiere que este geositio, en conjunto con los demás que se presentan en la zona alta del valle del río Maipo, formen parte de una ruta de interés científico que se realice limitadas veces durante el año, evitando así mayores impactos en su entorno. Al mismo tiempo, se sugiere que el protocolo de acceso sea simplificado, permitiendo que los habitantes de la comuna y otras personas con intereses especiales puedan acceder al lugar

VALOR CIENTÍFICO

VALORACIÓN GENERAL



RANKING Y PUNTAJE

VALOR CIENTÍFICO	POTENCIAL TURÍSTICO	POTENCIAL EDUCATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
2/40	30/40	18/40	36/40
370/400	225/400	225/400	100/400

RIESGO DE DEGRADACIÓN

BAJO	MEDIO	ALTO

GEOSITIOS RELACIONADOS

Área temática:

G11 - Volcán Tupungatito

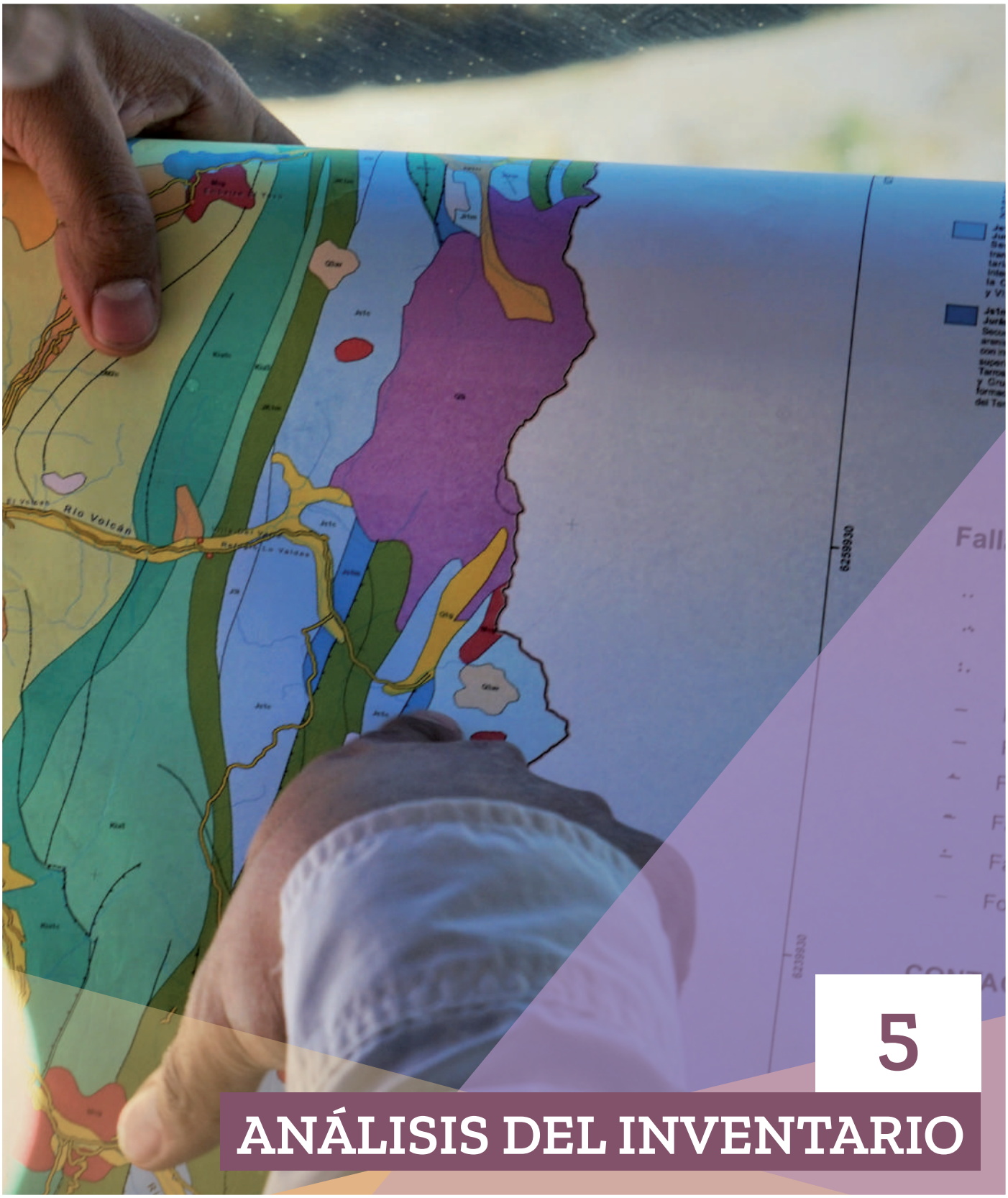
G35 - Volcán San José

Área geográfica:

G38 - Columnas Basálticas Cruz de Piedra

G39 - Remoción en Masa Los Monjes

El Melocotón
San Alfonso



5

ANÁLISIS DEL INVENTARIO

5

Análisis del Inventario

A continuación se expone un análisis de los resultados cuantitativos del Inventario de Geositios desde distintas perspectivas y considerando para ello cada uno de los parámetros evaluados, lo que permite determinar de manera general y particular el estado del patrimonio geológico del Cajón del Maipo y los geositios que lo componen (Tabla 2).

Este análisis permite pasar desde los datos netamente numéricos asignados a cada geositio, a poder reconocer las tendencias y distribuciones que se manifiestan en el territorio. Así, se han podido identificar aquellas zonas que se caracterizan por su alto valor científico, educativo o turístico, como también aquellas zonas en las que el patrimonio geológico presenta un alto riesgo de degradación, identificando además los agentes que condicionan este escenario. También se han podido evidenciar aquellos elementos que caracterizan a cada una de las zonas geográficas evaluadas, destacando algunas de ellas por su gran geodiversidad, y otras por su buena accesibilidad. Una revisión y análisis profundo de los datos contenidos en este inventario puede apoyar de manera directa en el proceso de toma de decisiones asociado a la gestión y conservación de la geodiversidad y el patrimonio geológico de la comuna de San José de Maipo.

N°	Nombre del Geositio	Área Temática	VC	Ranking VC	PE	Ranking PE	PT	Ranking PT	RD	Ranking RD
1	Plutón La Obra	5	130	40	185	35	250	25	330	2
2	Terrazas fluviales de Las Vertientes	7	270	21	275	11	270	14	310	3
3	Remoción en masa Cerro Divisadero	1	285	17	195	32	240	26	190	12
4	Cerro Likán	3	190	33	305	7	270	14	130	30
5	Anticlinal del Maipo	4	165	36	220	26	240	26	120	33
6	Cascada de las Ánimas	7	160	37	330	2	300	6	135	28
7	Vuelta del Padre	4	195	30	260	15	285	11	130	30
8	Mirador de Cóndores	3	195	30	235	22	290	9	175	18
9	Plutón La Gloria	5	295	11	170	37	210	33	140	26
10	Parque Río Olivares	2	270	21	155	39	205	34	135	28
11	Volcán Tupungatito	3	330	34	200	31	165	39	85	38
12	Ignimbrita de Los Piches	3	285	17	225	25	255	20	175	18
13	Cascada El Yeso	7	255	26	300	9	305	5	225	8
14	Embalse el Yeso	7	290	14	305	7	330	1	275	5
15	Laguna Negra	2	305	8	195	32	235	29	190	12
16	Glaciar Echaurren Norte	2	200	29	250	19	200	37	165	20
17	Cerro Aparejo	2	220	28	185	35	255	20	160	23
18	Termas del Plomo	9	310	7	280	10	260	18	185	16
19	Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel	5	315	6	325	4	265	16	300	4
20	Distrito minero El Volcán	8	270	21	340	1	300	6	200	10
21	Anticlinal volcado del valle El Volcán	4	330	4	220	26	225	30	130	30
22	Plutón Los Lunes	5	190	33	230	23	265	16	120	33
23	Remoción en masa Las Amarillas	1	390	1	320	5	330	1	190	12
24	Morrena del Morado	2	290	14	230	23	260	18	60	40
25	Laguna Morales	2	195	30	250	19	280	12	140	26
26	Sistema Glaciar El Morado - San Francisco	2	300	9	260	15	290	9	150	25
27	Estratos marinos de Lo Valdés	10	340	3	270	12	300	6	230	7
28	Punta Zanzi	6	280	19	245	21	255	20	165	20
29	Remociones en masa La Silla del Diablo	1	275	20	265	13	255	20	165	20
30	Icnitas del valle de Las Arenas	10	295	11	205	29	255	20	340	1
31	Glaciar colgante El Morado	2	295	11	215	28	240	26	195	11
32	Termas Baños Colina	9	160	37	265	13	280	12	250	6
33	Cárcavas de Colina	7	180	35	190	34	205	34	180	17
34	Glaciar Nieves Negras	2	300	9	260	15	225	30	120	33
35	Volcán San José	3	290	14	315	6	320	3	155	24
36	Puente El Cristo	7	265	24	330	2	320	3	190	12
37	Termas Puente de Tierra	9	265	24	205	29	175	38	215	9
38	Columnas Basálticas Cruz de Piedra	3	250	27	165	38	205	34	65	39
39	Remoción en masa Los Monjes	1	135	39	135	40	160	40	100	36
40	Centro Eruptivo Volcán Maipo - Caldera Diamante	3	370	2	255	18	225	30	100	36
	Total		258		244		255		175	140

Tabla 2: Resultados de la evaluación cuantitativa de los Geositios de este inventario.

5.1 Criterio de análisis:

Distribución Geográfica

La distribución geográfica de los geositios de este territorio puede ser fácilmente comprendida, siempre y cuando el análisis se apoye en la localización de estos respecto a las principales cuencas hidrográficas de la zona. La mayoría de los geositios se encuentra en la zona central del área de estudio, abarcando las cuencas del río Maipo bajo, río Yeso y río Volcán. La cuenca del río Maipo bajo contiene 7 geositios (17,5%), de igual manera, la cuenca del río Yeso presenta otros 7 geositios (17,5%), y la cuenca del río Volcán incluye 17 geositios (42,5%), sumando todo un total de 31 de los 40 geositios inventariados (77,5%). Por el norte, la cuenca del río Colorado suma 4 geositios (10%), y por el sur, la cuenca del río Maipo alto presenta 5 de ellos (12,5%) (figuras 11 y 13).

Hay algunos elementos que llaman la atención respecto a la distribución geográfica de estos sitios. Uno de ellos, es que la gran mayoría de los geositios, a excepción de algunos, se encuentran en las cercanías del principal curso fluvial de cada cuenca. Un buen ejemplo de esto, son los geositios de la cuenca del río Maipo bajo, como el Plutón La Obra, Terrazas Fluviales de Vertientes, Vuelta del Padre, entre otros, los cuales se presentan siempre en un pequeño radio de distancia desde el río. Otro buen ejemplo son los geositios de la cuenca del río Volcán, de los cuales más del 75% pueden ser observados desde el principal curso fluvial Esto se explica en parte porque estos cursos fluviales son una de las principales fuerzas modeladoras del paisaje en el Cajón del Maipo, y se han encargado de dejar al descubierto las distintas características y atributos de las formaciones geológicas que en su recorrido atraviesan. Así, las zonas aledañas a estos principales cursos fluviales se instalan como las de mejores condiciones para la apreciación de la geología local.

Otro factor interesante, es que cerca de la mitad de los geositios (42,5%) de este territorio se concentran en la cuenca del río Volcán, incluyendo algunos de los más importantes como Remoción en Masa Las Amarillas, Estratos Marinos de Lo Valdés, o los ubicados en el Monumento Natural El Morado. Esto llama la atención ya que se trata de la cuenca hidrográfica de menor superficie. Aun así, hay elementos que nos acercan a una justificación de este fenómeno. Primero, en esta zona el río Volcán se encuentra atravesando las formaciones geológicas del valle de manera bastante perpendicular en gran parte de su extensión, lo que permite que en una corta distancia longitudinal sea posible apreciar una gran diversidad de elementos geológicos, los cuales por defecto deben estar representados en el inventario. Además, este valle es el que presenta los mejores niveles de accesibilidad del área de estudio, lo que históricamente ha permitido el acceso de grupos de investigadores y grupos de estudiantes, generando un mayor nivel de conocimiento de la geología de la zona.

Por otro lado, existe una minoría de geositios que no se encuentra cerca de los principales cursos fluviales, y por distintos motivos, no presentan una buena accesibilidad. Cada uno de los valles que presenta grandes altitudes tiene al menos uno de ellos. Por ejemplo, el Volcán Tupungatito en el valle del río Colorado, Glaciar Echaurren en el valle del río Yeso, Glaciar Colgante El Morado en el valle del río Volcán y Centro Eruptivo Volcán Maipo – Caldera Diamante en el valle del río Maipo. Estos geositios son aprovechados ocasionalmente como destinos de montañismo, o bien, para la realización de investigaciones científicas de alto nivel.

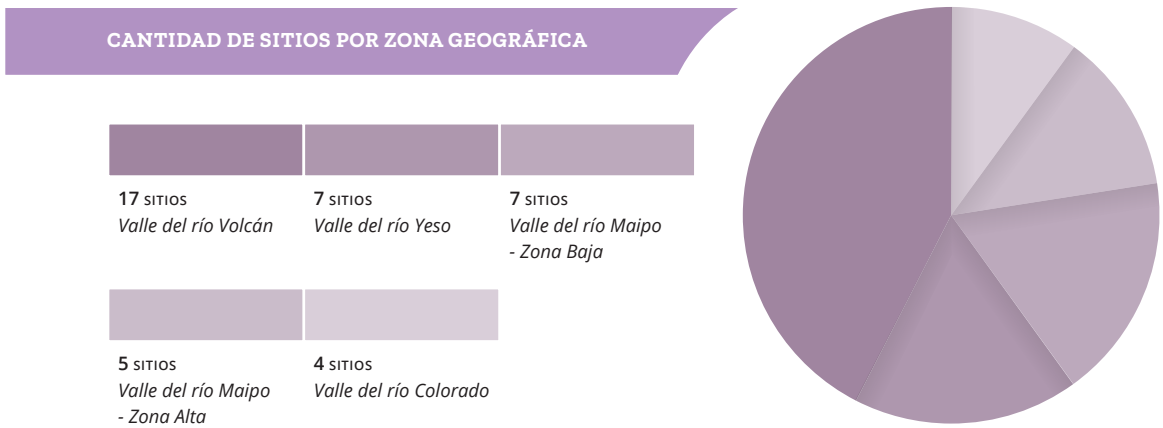


Figura 11: Distribución de geositios del inventario por cada una de las zonas geográficas identificadas (elaboración propia).

5.2 Criterio de análisis:

Áreas Temáticas

Una de las principales características de un inventario de geositios, es el deber de representar la mayor parte posible de la geodiversidad del área estudiada. En este caso, se han clasificado los geositios en 10 áreas temáticas diferentes, siguiendo las categorías propuestas por Benado (2013), las que incluyen los elementos o procesos geológicos más representativos de la geodiversidad de la comuna de San José de Maipo.

De los 40 geositios incluidos en este inventario, el área temática de Glaciares y Morfologías Asociadas es la que concentra la mayor cantidad, sumando 9 geositios (22,5%). Estos se concentran principalmente en el valle del río Volcán, lo que en parte se explica por la presencia del Monumento Natural El Morado como zona de interés geológico ligada directamente a esta temática. Cabe destacar que en la cuenca del río Maipo existen 718 glaciares, de los cuales la mayoría se encuentra en esta comuna, y, por lo tanto, logran consagrarse como el área temática de mayor presencia en el Cajón del Maipo.

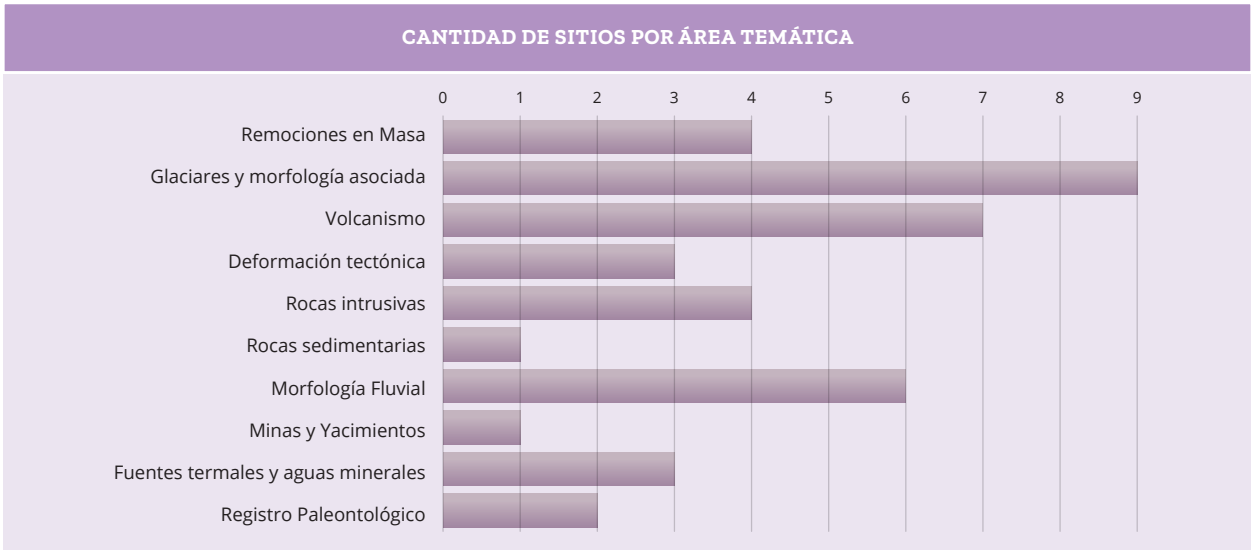
Luego, en el segundo puesto se encuentra el área temática de Volcanismo con 7 geositios (17,5%). De ellos, 3 corresponden directamente a volcanes que se encuentran actualmente activos, y los 4 restantes representan distintos rasgos volcánicos como coladas de lava, ignimbritas, depósitos de cenizas, entre otros. Estos geositios evidencian el amplio y extensivo registro de la actividad volcánica que a través de los millones de años se ha dado en este territorio.

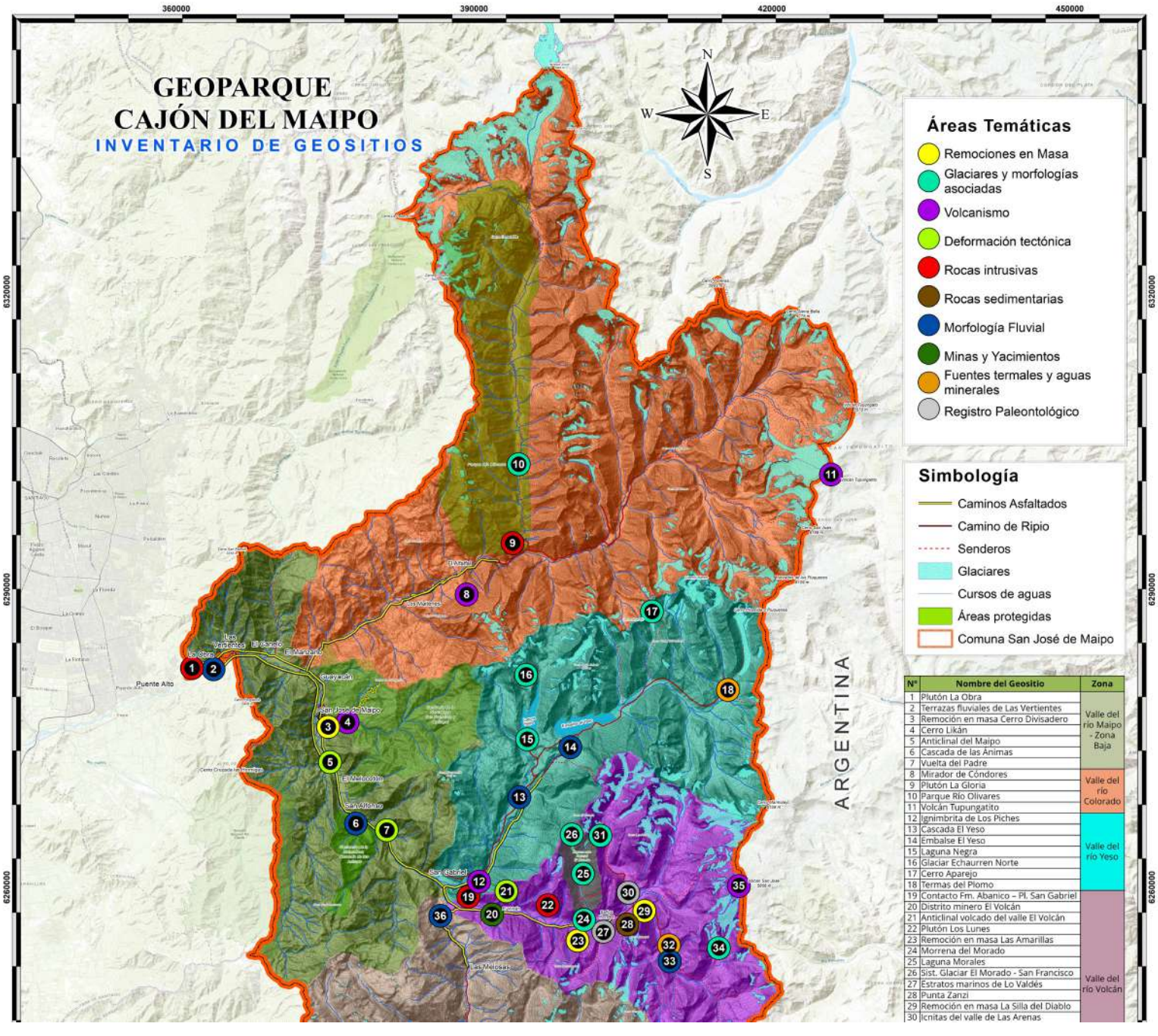
En el tercer puesto se encuentra el área temática de Morfologías Fluviales con 6 geositios (15%). El área de estudio corresponde a la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Maipo, donde los cursos fluviales tienen altas pendientes y mucha fuerza. Por esto, al hablar de morfologías fluviales en el Cajón del Maipo predominan aquellas asociadas a la erosión, como es el caso de las cascadas, marmitas o cárcavas.

Es interesante notar que las tres áreas más representadas son llamativas desde el punto de vista científico, educativo y turístico, asociadas a procesos geológicos activos, observables y comprensibles por un público amplio. Además, son representativas de la formación actual del relieve de la cordillera de Los Andes, y se asocian también a riesgos geológicos latentes y relevantes para la comunidad y sus visitantes. En este sentido, estas tres áreas se encuentran bien representadas en sus procesos y rasgos geodiversos.

Por otro lado, se presenta un grupo intermedio de áreas temáticas bastante equilibradas en la cantidad de geositios que poseen. Es el caso de las áreas de Remociones en Masa (4), Rocas Intrusivas (4), Deformación Tectónica (3) y Fuentes Termales y Aguas Minerales (3). Estas se encuentran bien distribuidas y presentan algunos de los geositios de mayor importancia de la comuna, como es el caso de la Remoción en Masa Las Amarillas y el Contacto Fm. Abanico – Plutón San Gabriel.

Figura 12: Distribución de geositios del inventario por área temática presentes en el Cajón del Maipo (elaboración propia).





N°	Nombre del Geositio	Zona
1	Plutón La Obra	Valle del río Maipo - Zona Baja
2	Terrazas fluviales de Las Vertientes	
3	Remoción en masa Cerro Divisadero	
4	Cerro Likán	
5	Anticlinal del Maipo	
6	Cascada de las Ánimas	
7	Vuelta del Padre	
8	Mirador de Cóndores	Valle del río Colorado
9	Plutón La Gloria	
10	Parque Río Olivares	
11	Volcán Tupungatito	
12	Ignimbrita de Los Piches	Valle del río Yeso
13	Cascada El Yeso	
14	Embalse El Yeso	
15	Laguna Negra	
16	Glaciar Echaurren Norte	
17	Cerro Aparejo	
18	Termas del Plomo	
19	Contacto Fm. Abanico – Pl. San Gabriel	Valle del río Volcán
20	Distrito minero El Volcán	
21	Anticlinal volcado del valle El Volcán	
22	Plutón Los Lunes	
23	Remoción en masa Las Amarillas	
24	Morrena del Morado	
25	Laguna Morales	
26	Sist. Glaciar El Morado - San Francisco	
27	Estratos marinos de Lo Valdés	
28	Punta Zanzi	
29	Remoción en masa La Silla del Diablo	
30	Icnitas del valle de Las Arenas	

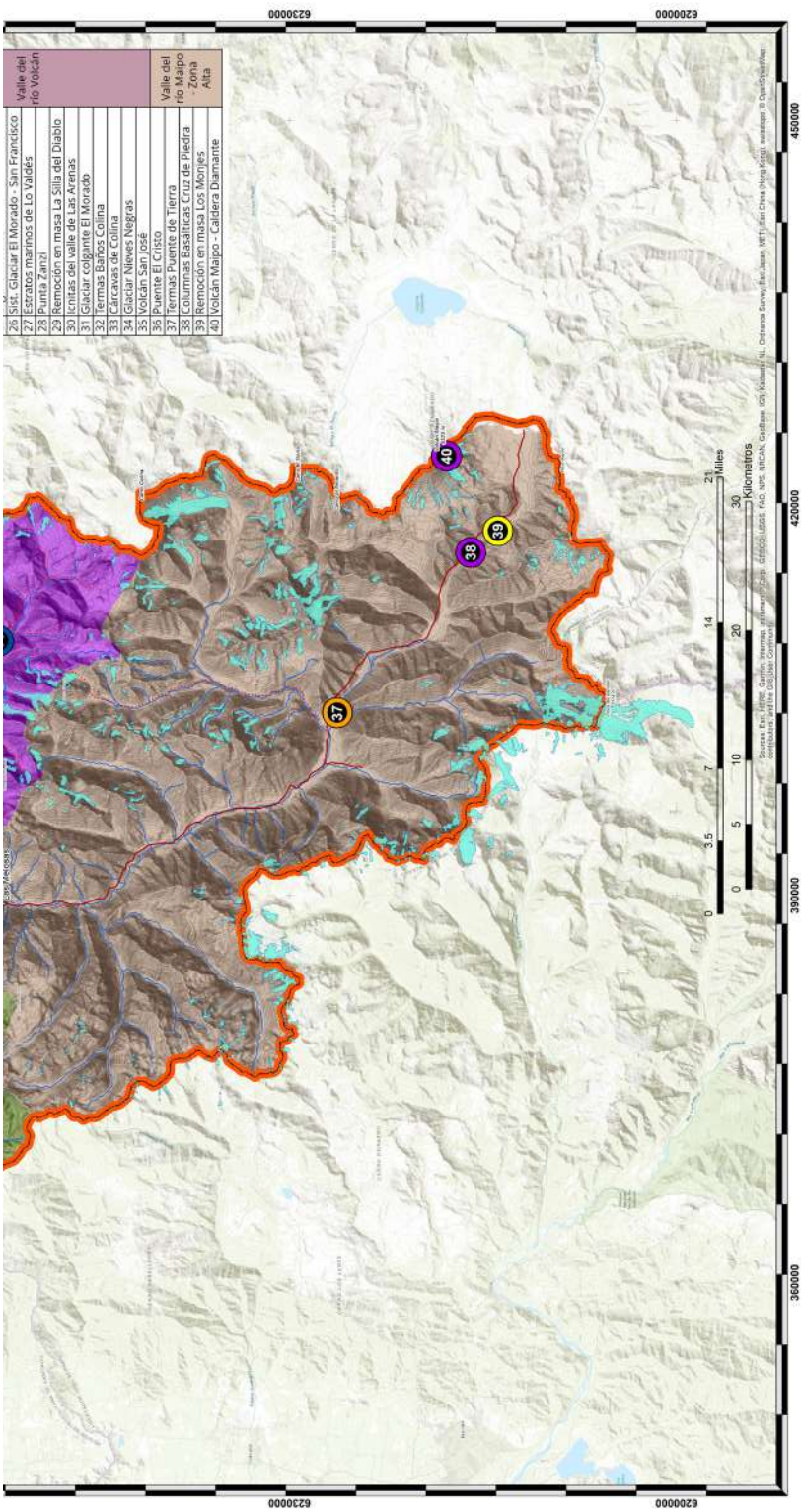


Figura 13:
Mapa de Geositios y sus Áreas Temáticas (elaboración propia).
Los números de Geositios se muestran en la Tabla 1.

Finalmente, algunas áreas temáticas contienen una muy baja cantidad de geositios. Es el caso de Registro Paleontológico (2), Rocas Sedimentarias (1) y Minas y Yacimientos (1). Sin embargo, algunos de estos geositios son de gran importancia en este territorio, como es el caso de los Estratos Marinos de lo Valdés y el Distrito Minero El Volcán.

Considerando esto, se recomienda que en próximas actualizaciones de este inventario se incluya un mayor número de geositios pertenecientes a estas áreas temáticas y fomentar su visita e investigación. Por ejemplo, incluir las Localidades Tipo de las formaciones sedimentarias Colimapu y Río Colina, los antiguos yacimientos y minas de plata de San Pedro Nolasco, entre otros.

5.3 Criterio de análisis:

Valor Científico

De todos los ítems evaluados en el inventario de geositios de San José de Maipo, el Valor Científico es el que recibe los mejores puntajes. Este territorio destaca por la presencia de algunos geositios que poseen valor científico de nivel internacional y que además se encuentran oficialmente reconocidos por la Sociedad Geológica de Chile, en su inventario nacional de geositios.

Así, desde el punto de vista científico, este territorio presenta un escenario bastante positivo. Se tienen 10 geositios con valor científico alto (25%), siendo los mejor evaluados la Remoción en Masa Las Amarillas, Centro Eruptivo Volcán Maipo – Caldera Diamante y Estratos Marinos de Lo Valdés. Por otro lado, 19 geositios (47,5%) poseen un valor científico medio, dándose algunos casos en los que hicieron falta pocos puntos para pertenecer al grupo de los valores altos. Estos son Plutón La Gloria, Icnitas del Valle de las Arenas y Glaciar Colgante el Morado, todos ellos empatados en el puesto número 11 del ranking de valor científico. Finalmente, 11 geositios (27,5%) presentan un valor científico bajo, todos ellos con valores menores a los 200 puntos.

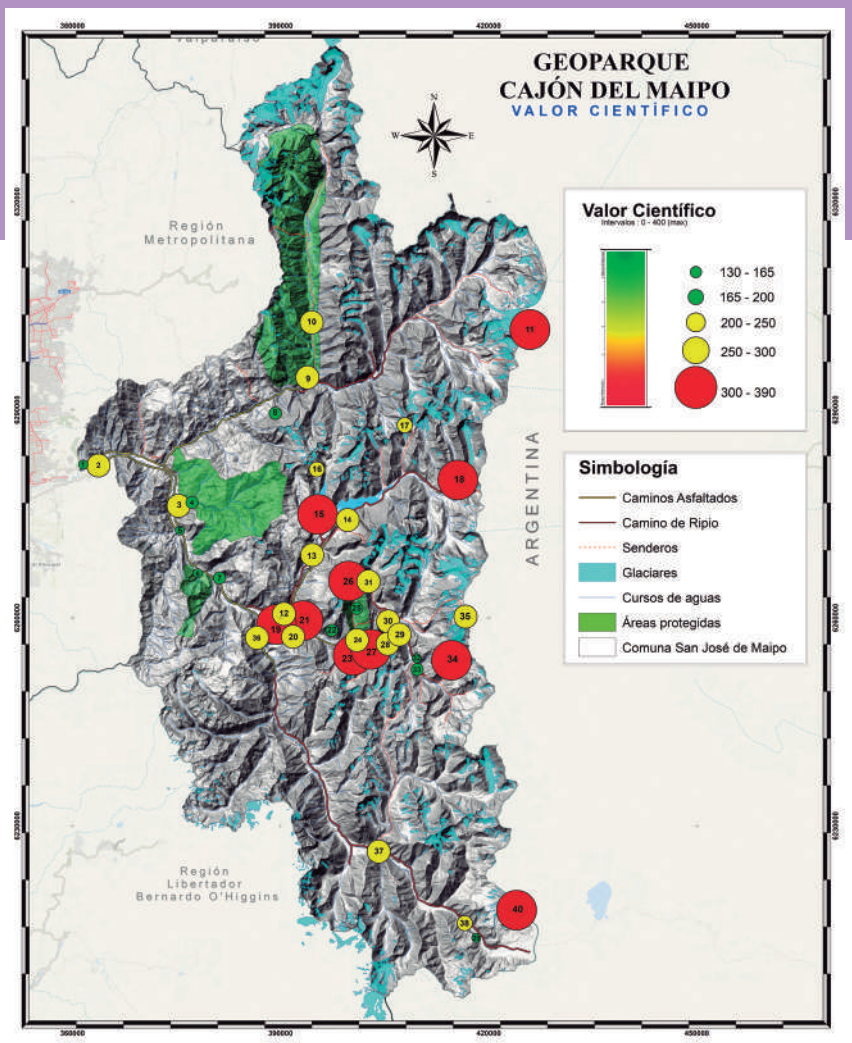
Es importante destacar que algunos geositios como Remoción en Masa Las Amarillas y Centro Eruptivo Volcán Maipo – Caldera Diamante presentaron valores muy altos, de 390 y 370 puntos respectivamente. Esto no sucede en el caso del potencial educativo y potencial turístico, donde los puntajes más altos fueron de 340 y 330 puntos respectivamente. Sin embargo, en el caso del valor científico también fueron registrados una gran cantidad de geositios con valores bajo los 200 puntos, por lo que el promedio de valores final se compensa y resultó bastante similar a la media de los demás potenciales mencionados.

Considerando la cantidad de geositios que se pueden encontrar en cada valle, la distribución geográfica de aquellos de mayor valor científico fue diversa, aunque concentrada ligeramente en el valle del río Volcán. De los 10 geositios de valor científico alto, 5 se encontraron en aquel valle, 2 en el valle del río Yeso, 1 en el valle del río Colorado, 1 en el valle del río Maipo bajo y 1 en el valle del río Maipo alto. Estos geositios de importante valor científico presentaron algunos elementos comunes que deben ser considerados. Los 10 geositios fueron evaluados con el puntaje máximo de 4 puntos en el criterio de Representatividad, que al mismo tiempo es el de mayor peso en la ponderación, con un 30%. Además, 8 de ellos presentaron el puntaje máximo en el criterio Integridad, a excepción de Estratos Marinos de Lo Valdés y Contacto Fm. Abanico – Plutón San Gabriel, dando una media de 3,5 en este punto. Asimismo, estos geositios promediaron 3,2 puntos en los criterios Diversidad Geológica y Rareza. No obstante, los peores puntajes del grupo se manifestaron en el criterio Limitaciones al Uso, con un promedio de 2,1 puntos. Esto se debe al difícil acceso que presentaron algunos de estos sitios, como es el caso de Volcán Tupungatito, Laguna Negra o Centro Eruptivo Volcán Maipo – Caldera Diamante, siendo en este último caso el único factor que lo alejó del puntaje máximo de 400 puntos (tabla 3, figuras 14 y 15).

NÚMERO Y NOMBRE DEL GEOSITIO	POSICIÓN EN RANKING	PUNTAJE
G23 - Remoción en Masa Las Amarillas	**# 1**	**390**
G40 - Centro Eruptivo Volcán Maipo - Caldera Diamante	**# 2**	**370**
G27 - Estratos Marinos de Lo Valdés	**# 3**	**340**
G11 - Volcán Tupungatito	**# 4**	**330**
G21 - Anticlinal Volcado del Valle El Volcán	**# 4**	**330**
G19 - Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel	**# 6**	**315**
G18 - Termas del Plomo	**# 7**	**310**
G15 - Laguna Negra	**# 8**	**305**
G26 - Sistema Glaciar El Morado - San Francisco	**# 9**	**300**
G34 - Glaciar Nieves Negras	**# 9**	**300**

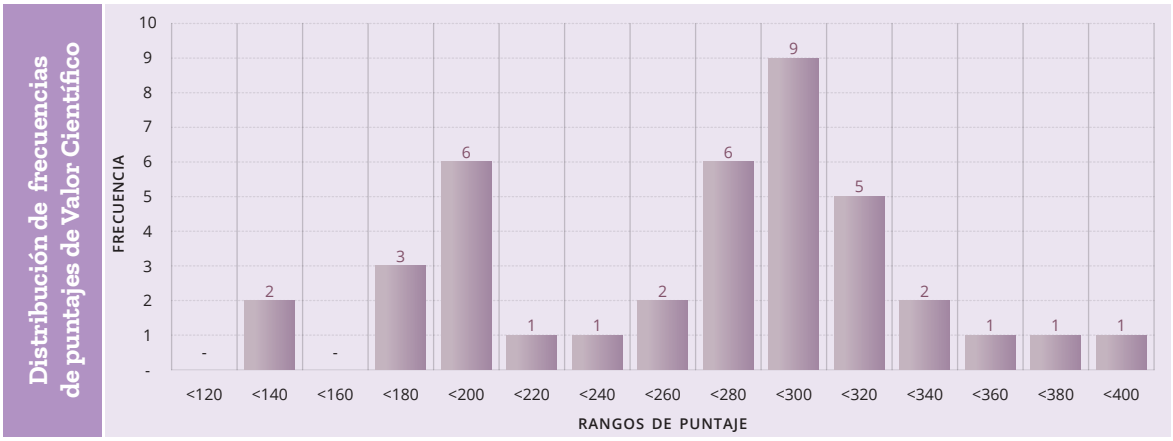
Tabla 3: Listado de los diez geositios con mayor puntaje en parámetro Valor Científico (elaboración propia).

Figura 15:
Distribución geográfica de puntajes de Valores Científicos (VC) obtenidos en cada Geositio evaluado cuantitativamente en el inventario (elaboración propia). Los números de geositios se muestran en la Tabla 1.



Por otro lado, los geositios que presentaron un valor científico de menor importancia también muestran algunas tendencias en su valoración. Estos 11 geositios tienen un puntaje muy reducido en el criterio Localidad Clave, con una media de 0,6 puntos. Además, reciben puntajes bajos en los criterios de Diversidad Geológica y Rareza, con una media de 1.4 y 1.5 respectivamente. Finalmente, se debe mencionar que estos geositios tienen un puntaje muy bajo en el criterio Conocimiento Científico, con un promedio de 1.2 puntos. Esta situación además de ser uno de los tantos elementos que baja el promedio del valor científico en los geositios del Cajón del Maipo, también se instala como una oportunidad, al ser puntos clave que requieren de investigación científica que puede ser realizada por estudiantes de geología, o bien, por profesionales experimentados en la temática.

Figura 14:
Histograma de distribución de puntajes de Valor Científico (VC) de geositios evaluados cuantitativamente en el Inventario de Geositios del Cajón del Maipo (elaboración propia).



5.4 Criterio de análisis:

Potencial Turístico

La valoración general del potencial turístico en el Cajón del Maipo fue bastante positiva. Solamente 3 geositios (7,5%) presentaron una valoración directamente baja. Ellos fueron Termas Puente de Tierra, Volcán Tupungatito y Los Monjes, en orden descendente. Por otro lado, 8 geositios (20%) manifestaron un potencial turístico alto y se consagraron como los sitios clave para el desarrollo del geoturismo en el Cajón del Maipo. Algunos de ellos fueron Embalse El Yeso, Remoción en Masa Las Amarillas y Puente el Cristo. Finalmente, 29 geositios (72,5%) obtuvieron un potencial turístico de nivel medio. Algunos de estos presentaron puntajes bastante altos y separados por escasos puntos de aquellos de la parte alta de este ítem. Estos son Mirador de Cóndores, Termas Baños Colina, Laguna Morales y Sistema Glaciar El Morado – San Francisco, siendo estos dos últimos partes del Monumento Natural El Morado (tabla 4, figuras 16 y 17).

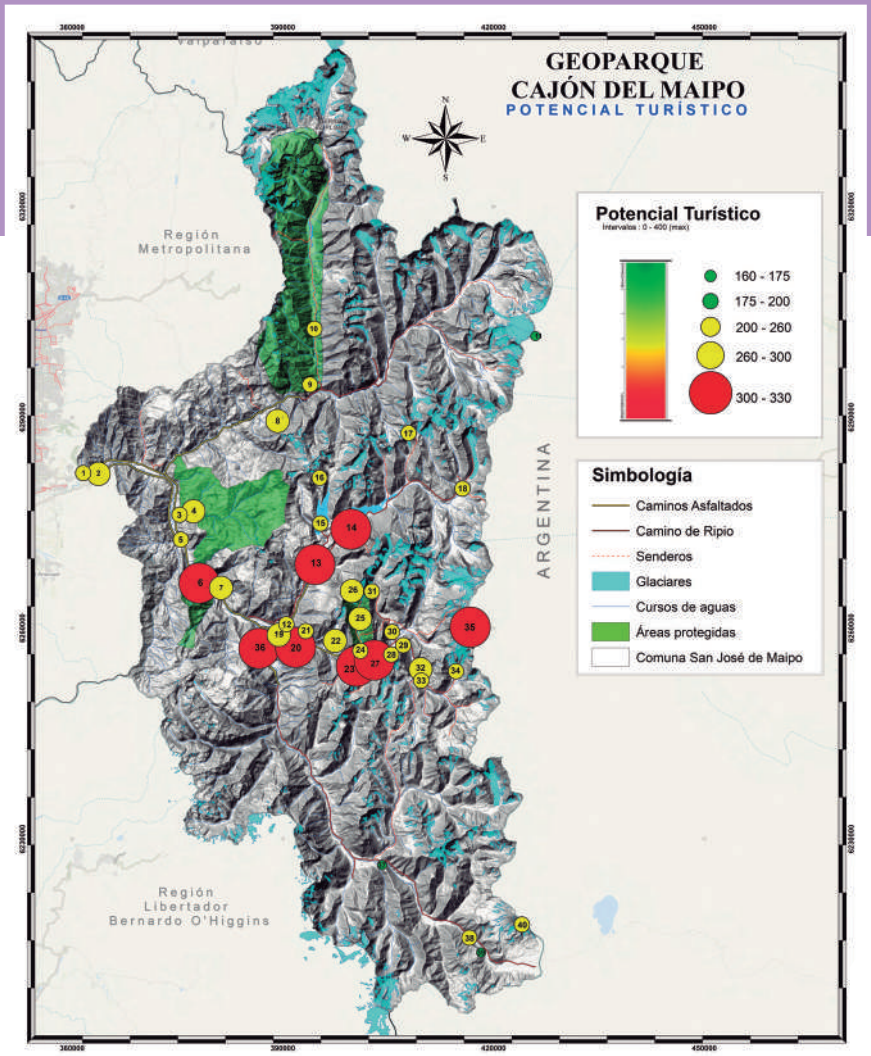
Los geositios de mayor potencial turístico presentaron una buena distribución en el área de estudio. De los 8 geositios con potencial turístico alto, 4 se encuentran en el valle del río Volcán, 2 en el valle del río Yeso, 1 en el valle del río Maipo alto y 1 en el valle del río Maipo bajo. Considerando la cantidad de geositios que se presentaron en cada valle, la distribución mencionada es bastante equilibrada. Al igual que en el caso del potencial educativo, fue posible identificar tendencias comunes a los 8 geositios que tendrían un potencial turístico alto. Todos ellos obtuvieron el puntaje máximo de 4 puntos en los criterios de Estacionalidad para el Uso y Condiciones de Observación, siendo elementos clave para el aprovechamiento turístico de un lugar. Además, a excepción del geositio Remoción en Masa Las Amarillas, todos presentaron el puntaje máximo en el criterio Potencial de Interpretación. Asimismo, a excepción del geositio Cascada de las Ánimas, todos fueron evaluados con el puntaje máximo en el criterio Estética, siendo el más importante en este ítem con un 15% de la ponderación. Otros factores positivos manifestados en estos geositios es que se observó una muy buena Accesibilidad, promediando 3,5 puntos, y, además, muy buenos números en el criterio Vulnerabilidad. Sin embargo, el máximo puntaje alcanzado en este ítem es de 340 puntos de un máximo de 400. Esto se debe principalmente a los bajos puntajes que presentaron estos 8 geositios en los criterios de Unicidad, Seguridad y Logística, promediando 1,4, 2,1 y 2,7 puntos respectivamente. Esto producto de la gran distancia de algunos de estos geositios respecto a centros de salud, de abastecimiento, alojamientos, restaurantes, o bien, por sus medianas a malas condiciones de comunicación telefónica y de internet.

Por otro lado, los geositios evaluados con un potencial turístico menor también muestran una tendencia común. Los 3 geositios con un potencial turístico bajo, presentaron el puntaje mínimo de 0 puntos en los criterios de Limitaciones de Uso, Seguridad, Logística y Proximidad con Áreas Recreacionales, los que juntos representan un 30% de la ponderación de este ítem. Además, estos geositios promediaron 0,7 puntos en Accesibilidad y 1 punto en Estacionalidad para el Uso. A pesar de que estos geositios obtuvieron el máximo puntaje en el criterio Estética, que fue el de mayor ponderación,

NÚMERO Y NOMBRE DEL GEOSITIO	POSICIÓN EN RANKING	PUNTAJE
G16 - Embalse el Yeso	**# 1**	**330**
G23 - Remoción en Masa Las Amarillas	**# 1**	**330**
G34 - Volcán San José	**# 3**	**320**
G36 - Puente El Cristo	**# 3**	**320**
G13 - Cascada El Yeso	**# 5**	**305**
G06 - Csacada de las Ánimas	**# 6**	**300**
G20 - Distrito Minero El Volcán	**# 6**	**300**
G28 - Estratos Marinos de Lo Valdés	**# 6**	**300**
G08 - Mirador de Cóndores	**# 9**	**290**
G26 - Sistema Glaciar El Morado y San Francisco	**# 9**	**290**

Tabla 4: Lista de diez geositios de mayor puntaje en parámetro Potencial Turístico en el Cajón del Maipo (elaboración propia).

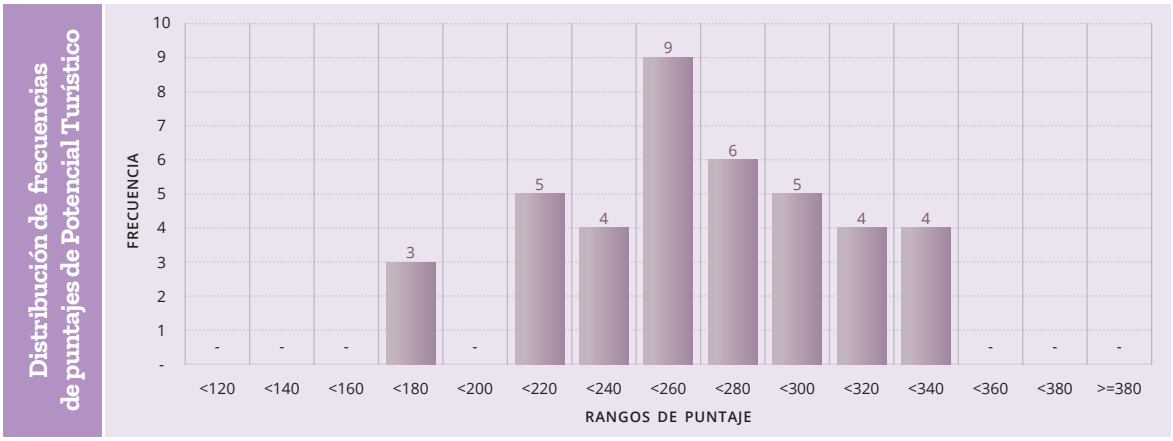
Figura 17:
Distribución geográfica de puntajes de Potenciales Turísticos (PT) obtenidos en cada geositio evaluado cuantitativamente en el inventario (elaboración propia). Los números de geositios se muestran en la Tabla 1.



fueron considerados de un muy bajo potencial turístico producto de sus malas condiciones generalizadas en términos de acceso y otros criterios ya mencionados.

En resumen, un muy buen ejemplo de la tendencia del potencial turístico en los geositios del Cajón del Maipo fue el promedio que se dio en los principales valles del Cajón del Maipo. Por un lado, se tienen los valles de los ríos Maipo alto y Colorado, con 217 y 218 puntos respectivamente. Ambos valles, se caracterizaron al ser evaluados por presentar malas condiciones generales de acceso, seguridad y logística en términos de turismo. Por otro lado, el valle del río Yeso fue clasificado con un total de 263 puntos, valle del río Maipo bajo con 265 puntos, y valle del río Volcán con 268 puntos; estos últimos en general presentaron buenas condiciones de acceso, seguridad, logística y además estéticas.

Figura 16:
Histograma de distribución de puntajes de Potencial Turístico (PT) de geositios evaluados cuantitativamente en el inventario del Cajón del Maipo (elaboración propia).



5.5 Criterio de análisis:

Potencial Educativo

De los 40 geositios considerados en este inventario, 9 presentaron un alto potencial educativo (22,5%), siendo estos los sitios prioritarios para la geoeducación dentro de la comuna. Algunos de ellos son Distrito Minero el Volcán, Puente el Cristo y Contacto Fm. Abanico – Plutón San Gabriel. Por otro lado, 22 geositios (55%) presentan un potencial educativo de nivel medio. Estos también pueden ser priorizados para proyectos y actividades de geoeducación, siempre y cuando se encuentren en relación con alguno de los geositios de potencial educativo alto, o bien, se justifique de alguna manera su consideración. Por último, 9 geositios (22,5%) presentan un potencial educativo bajo, entre los que se encuentran Los Monjes, Cajón del Río Olivares, Columnas Basálticas y Plutón La Gloria (tabla 5, figuras 18 y 19).

Los geositios de mayor potencial educativo no presentan una concentración geográfica clara, al contrario, presentan una buena distribución en el área de estudio. De los 9 geositios con alto potencial educativo, 4 se encuentran en el valle del río Volcán, 2 en el valle del río Yeso, 2 en el valle del río Maipo bajo, y 1 en el valle del río Maipo alto. Considerando la cantidad total de geositios existentes en cada valle, la proporción es bastante equilibrada. En este sentido, es posible identificar una tendencia transversal a todos los geositios de potencial educativo alto; todos ellos se encuentran a orillas de las principales rutas de la comuna, y, por lo tanto, presentan muy altos niveles de accesibilidad, y también niveles medios-altos en los criterios asociados a la presencia de infraestructura habilitante para las actividades educativas con grupos de estudiantes. Un buen ejemplo de esto, son los geositios Cascada de las Ánimas y Cerro Likán – Likandes.

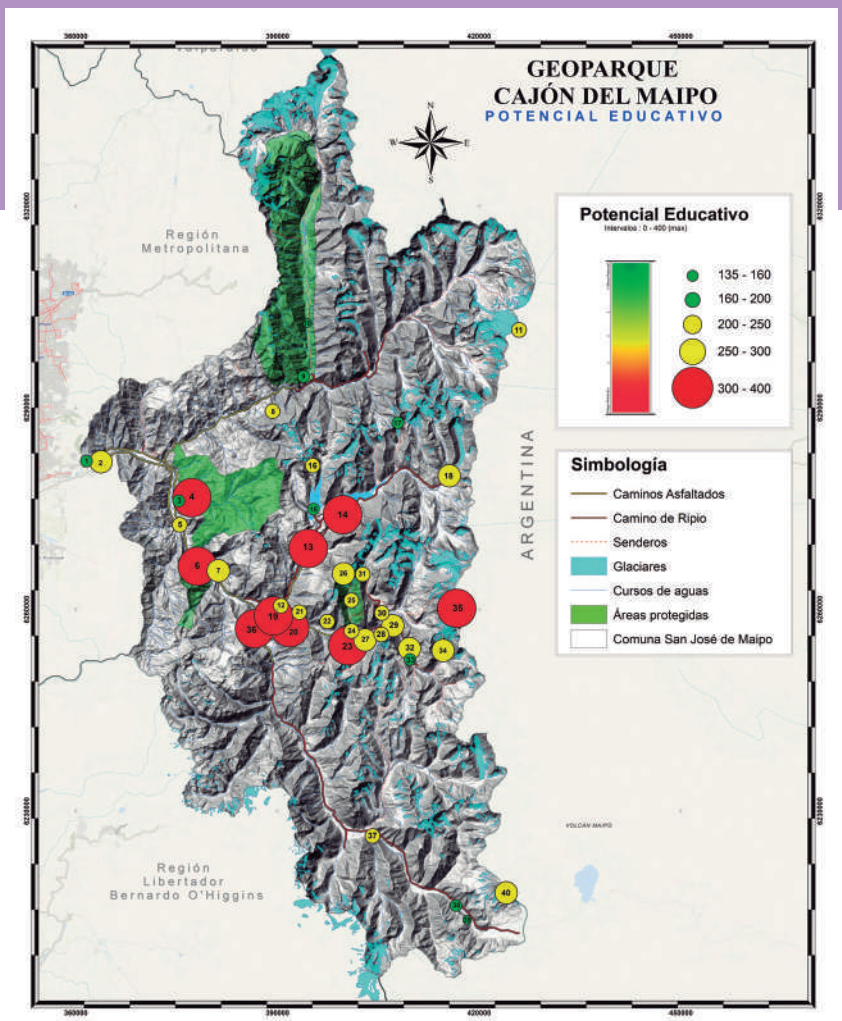
Por otro lado, los geositios que presentaron un potencial educativo bajo también muestran una tendencia transversal y común a la mayoría de ellos, la cual apunta directamente al muy bajo puntaje que poseen en criterios asociados a condiciones de acceso e infraestructura habilitante para la realización de actividades educativas. Estos criterios son los de Accesibilidad, Limitaciones al Uso, Seguridad y Logística, que juntos suman el 30% de la ponderación total de este ítem. Además, en algunos casos como sucede en el geositio. Los Monjes, tampoco presentan un potencial didáctico o interpretativo muy favorable, por lo que resultan como algunos de los geositios menos indicados para el desarrollo de la geoeducación en el Cajón del Maipo. Así sucede con el valle del río Colorado que no presenta ningún geositio con potencial educativo alto, debido principalmente a las complejas condiciones de acceso y logística en general asociada a la parte alta de esa cuenca.

Es preciso mencionar la situación de algunos geositios específicos respecto a su potencial educativo. Uno de ellos es Distrito Minero El Volcán, que corresponde al geositio con mayor potencial educativo en toda la comuna (340 de 400 puntos). Se trata de un geositio que, a pesar de sus características y valores geológicos, no destaca por su valor científico (270 de 400 puntos). Sin embargo, debido a la importante historia minera asociada al lugar, y además a la presencia de antiguos piques mineros únicos en la zona, se transforma en un punto clave para el desarrollo de actividades educativas en el Geoparque Cajón del Maipo.

NÚMERO Y NOMBRE DEL GEOSITIO	POSICIÓN EN RANKING	PUNTAJE
G20 - Distrito Minero El Volcán	# 1	340
G06 - Cascada de las Ánimas	# 2	330
G36 - Puente El Cristo	# 2	330
G19 - Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel	# 4	325
G23 - Remoción en Masa Las Amarillas	# 5	320
G34 - Volcán San José	# 6	315
G04 - Cerro Likán	# 7	305
G16 - Embalse El Yeso	# 7	305
G13 - Cascada El Yeso	# 9	300
G18 - Termas del Plomo	# 10	280

Tabla 5: Listado de diez geositios de mayor puntaje en parámetro Potencial Educativo en el Cajón del Maipo (elaboración propia).

Figura 19:
Distribución geográfica de puntajes de Potenciales Educativos (PE) obtenidos en cada geositio evaluado cuantitativamente en el inventario (elaboración propia). Los números de geositios se muestran en la Tabla 1.



Por otro lado, el Centro Eruptivo Volcán Maipo – Caldera Diamante es un geositio de valor científico excepcional (370 de 400 puntos), y que desde el punto de vista educativo manifiesta puntajes muy altos en criterios como el Potencial Didáctico, Estética y Asociación con otros Valores. Sin embargo, debido a su lejana ubicación y casi nula posibilidad de acceso ha perdido posicionamiento desde el punto de vista educativo. Esta situación se repite con varios geositios dentro del área de estudio. Sin embargo, por sus cualidades intrínsecas, pueden ser enseñados a través de material audiovisual y didáctico en actividades educativas dentro del salón de clases.

Figura 18:
Histograma de distribución de puntajes de Potencial Educativo (PE) de geositios evaluados cuantitativamente en el Inventario de Geositios del Cajón del Maipo (elaboración propia).

5.6 Criterio de análisis:

Riesgo de Degradación

La valoración del Riesgo de Degradación de los geositios del Cajón del Maipo mostró un escenario positivo, con un valor promedio total de 175 puntos de un total de 400, donde los puntajes más altos representaron un mayor riesgo a la degradación. Del total de geositios, 15 presentaron un bajo Riesgo de Degradación (37,5%). Algunos de ellos son Morrena del Morado, Columnas Basálticas y Volcán Tupungatito, encontrándose estos por debajo de los 100 puntos. Por otro lado, 19 geositios presentaron un nivel medio en su Riesgo de Degradación (47,5%). Algunos de ellos con puntajes bastante bajos como Cerro Aparejo (160), y otros con puntajes más altos como Cascada el Yeso (225) o Estratos Marinos de Lo Valdés (230). Finalmente, sólo 6 geositios (15%) fueron evaluados con un Riesgo de Degradación alto, destacando las Icnitas del Valle de las Arenas. Los geositios con mayor riesgo de degradación se concentraron en la zona central del área de estudio. De los 6 geositios, 3 ubicados en el valle del río Volcán, 2 en el valle del río Maipo bajo y 1 en el valle del río Yeso. Si se amplía la muestra a algunos de los geositios que siguen en puntaje a los 6 mencionados, la tendencia se mantiene (tabla 6, figuras 20 y 21).

Para analizar los valores del ítem de Riesgo de Degradación de los geositios del Cajón del Maipo, es importante realizar una diferenciación simple respecto al tipo de agente que se encuentra afectando el lugar en cuestión. Así, a nivel general en este territorio se han diferenciado dos principales agentes de degradación; la industria y el turismo.

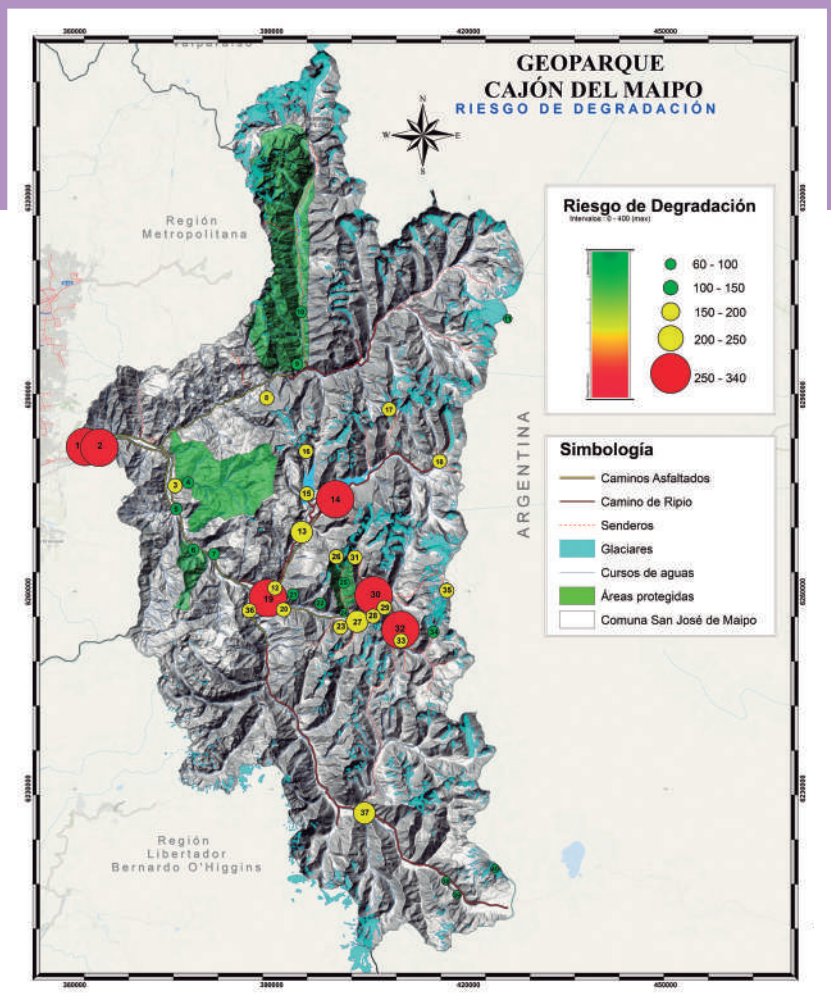
De los 6 geositios que expresan un alto riesgo de degradación, los 4 de mayor puntaje se relacionan directamente con la industria. Es el caso del Plutón La Obra y Contacto Fm. Abanico – Plutón San Gabriel, los que han funcionado activamente como canteras de explotación de granito. También las Terrazas Fluviales de Vertientes que albergan uno de los puntos más importantes de extracción de áridos dentro de la comuna, y, por último, el caso de las Icnitas del Valle de las Arenas. Este geositio, al ser evaluado, no se encontró en un proceso activo de degradación, pero es muy vulnerable a ella, ya que se trata de un bloque rocoso de pequeñas dimensiones que además está a escasos metros de uno de los principales campamentos de trabajo del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo. Por otro lado, los 2 geositios restantes se relacionaron directamente con el turismo como agente de degradación; es el caso de Embalse El Yeso y Termas Baños Colina.

El geositio Embalse El Yeso fue el que manifiesta el mayor potencial turístico de la totalidad del área de estudio, siendo en la práctica el lugar más visitado de la comuna tanto por turistas nacionales como internacionales. Por otro lado, el geositio Termas Baños Colina ha requerido de una modificación de las características geológicas originales de la zona para su funcionamiento turístico, y además recibe un flujo continuo de visitantes durante todo el año. Así, ambos geositios poseen el puntaje máximo en Accesibilidad (que en este caso se entiende como un facilitador de la degradación) y Densidad de Población. Además, ambos carecen de una protección legal que vaya más allá del cobro de entrada para el ingreso.

NÚMERO Y NOMBRE DEL GEOSITIO	POSICIÓN EN RANKING	PUNTAJE
G31 - Icnitas del Valle de las Arenas	**# 1**	**340**
G01 - Plutón La Obra	**# 2**	**330**
G02 - Terrazas Fluviales de Las Vertientes	**# 3**	**310**
G19 - Contacto Fm. Abanico - Plutón San Gabriel	**# 4**	**300**
G16 - Embalse El Yeso	**# 5**	**275**
G32 - Termas Baños Colinas	**# 6**	**250**
G28 - Estratos Marinos de Lo Valdés	**# 7**	**230**
G13 - Cascada El Yeso	**# 8**	**225**
G37 - Termas Puente de Tierra	**# 9**	**215**
G20 - Distrito Minero El Volcán	**# 10**	**200**

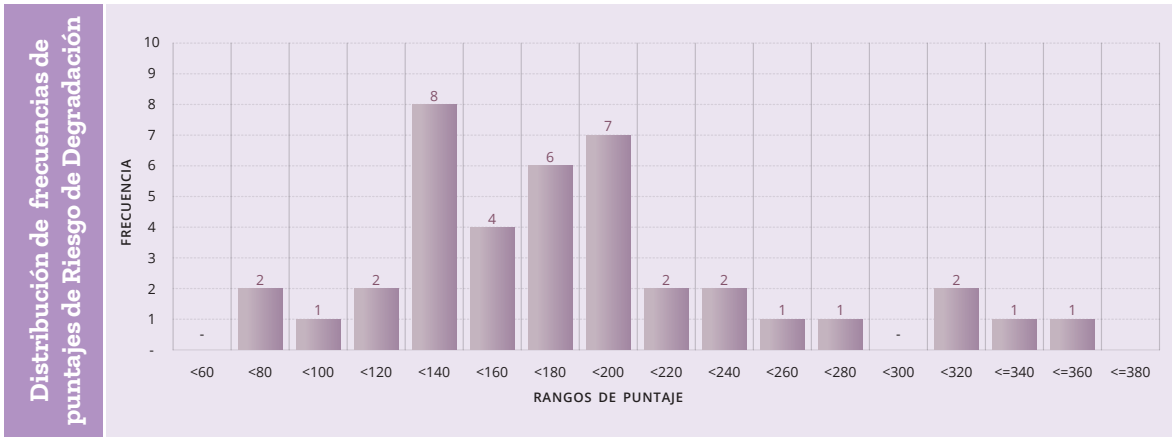
Tabla 6: Listado de los diez geositios de mayor puntaje en parámetro Riesgo de Degradación en Cajón del Maipo (elaboración propia).

Figura 21:
Distribución geográfica de puntajes de Riesgos de Degradación (RD) obtenidos en cada Geositio evaluado cuantitativamente en el inventario (elaboración propia). Los números de geositios se muestran en la Tabla 1



Por otra parte, a partir de algunos geositios que poseen un riesgo de degradación bajo, es posible identificar algunas tendencias comunes. Estos promedian puntajes muy bajos en los criterios de Interés para la Industria, Densidad de Población y Actividades con Potencial de Degradación. Además, debido a la naturaleza de su formación, no poseen elementos geológicos fácilmente deteriorables. Finalmente, se debe mencionar que el criterio Accesibilidad es muy relevante en este sentido, ya que, si un sitio es muy poco accesible para el turismo, y al mismo tiempo no se encuentra siendo explotado por alguna actividad industrial, pasa de inmediato a ser considerado un sitio con muy bajo riesgo de degradación. De hecho, es lo que sucede con los geositios presentes en el valle del río Maipo alto que presentaron en este ítem una valoración promedio de 134 puntos de un máximo de 400. Lo mismo sucedió con el valle del río Colorado que al igua que el anterior obtuvo 134 puntos. Por otra parte, zonas más accesibles como es el caso del valle del río Maipo bajo, valle del río Volcán y valle del río Yeso promediaron valores por sobre los 180 puntos.

Figura 20:
Histograma de distribución de puntajes de Riesgo de Degradación (RD) de geositios evaluados cuantitativamente en el inventario del Cajón del Maipo (elaboración propia).



5.7

Resumen y Conclusiones

Este trabajo de inventario ha sido desarrollado dentro del contexto del proyecto Geoparque Cajón del Maipo, que busca que este territorio sea reconocido como un Geoparque Mundial de la UNESCO. Entre los principales resultados, se pueden citar los siguientes:

- Se han identificado y caracterizado 40 geositios dentro del Cajón del Maipo, distribuidos dentro de cinco áreas geográficas delimitadas por las principales subcuencas de la comuna. La mayoría de los geositios se encuentra en la zona central del área de estudio, abarcando las cuencas del río Maipo bajo (7 geositios), río Yeso (7 geositios) y río Volcán (17 geositios). Cabe destacar que los geositios del río Volcán significan el 42,5% del total, lo que llama la atención considerando que es la subcuenca hidrográfica de menor extensión en la comuna (523 km2).

- Se han clasificado los geositios en 10 áreas temáticas diferentes, las que incluyen los elementos o procesos geológicos más representativos de la geodiversidad del área, como edades, litologías, estructuras, fósiles, minerales y procesos, representando un registro de más de 160 millones de historia geológica. El área temática de Glaciares y Morfologías Asociadas es la que concentra la mayor cantidad de geositios, con 9. En el segundo puesto se encuentra el área temática de Volcanismo con 7 geositios y en el tercer puesto se encuentra el área temática de Morfologías Fluviales con 6 geositios. Estas tres áreas temáticas son representativas de la formación actual del relieve de la cordillera de Los Andes, y se asocian también a riesgos geológicos latentes y relevantes para la comunidad y sus visitantes. Por otro lado, hay áreas temáticas con representatividad baja, como sucede con Registro Paleontológico (2), Rocas Sedimentarias (1) y Minas y Yacimientos (1). Esto se plantea como un desafío para próximas actualizaciones del inventario, haciendo necesaria la investigación e inclusión de nuevos geositios que representen de mejor manera estas áreas temáticas.

- Se han evaluado cuantitativamente cuatro parámetros en cada geositio: Valor Científico, Potencial Turístico, Potencial Educativo y Riesgo de Degradación, asignando en cada caso puntajes de 0 a 400 siguiendo criterios e indicadores objetivos, permitiendo jerarquizar y priorizar los sitios según relevancia, potencial de uso y vulnerabilidad.

- Se han definido 10 geositios con Valor Científico alto, siendo los mejor evaluados Remoción en Masa Las Amarillas, Centro Eruptivo Volcán Maipo – Caldera Diamante y Estratos Marinos de Lo Valdés, que presentan relevancia internacional para la geología y las ciencias de la Tierra. Además, cinco de estos geositios ya forman parte del inventario nacional de la Sociedad Geológica de Chile.

- Se han definido 8 geositios con Potencial Turístico alto, siendo los mejor evaluados el Embalse El Yeso, la Remoción en Masa Las Amarillas y el Volcán San José, representando sitios donde se pueden desarrollar actividades de geoturismo y turismo de intereses especiales. Por otro lado, se han incluido tres geositios de Potencial Turístico bajo, resultado de bajos niveles de accesibilidad, seguridad y logística.

- Se han evaluado 9 geositios con Potencial Educativo alto, siendo los mejores evaluados Distrito Minero El Volcán, Puente El Cristo y Contacto Fm. Abanico – Plutón San Gabriel, tratándose de sitios de especial valor para actividades asociadas a la educación ambiental y cultural, con escuelas y universidades. Al mismo tiempo, 9 geositios fueron definidos con Potencial Educativo bajo debido a bajos niveles de accesibilidad y bajos niveles de valor didáctico.

- La valoración del Riesgo de Degradación de los geositios del Cajón del Maipo demuestra un escenario positivo, con un valor promedio total de 175 puntos de un total de 400. Del total de geositios, 15 presentan un Riesgo de Degradación bajo, 19 presentan un nivel medio y sólo 6 geositios presentan un Riesgo de Degradación alto, destacando las Icnitas del Valle de las Arenas, Plutón La Obra y Terrazas Fluviales de Vertientes. A nivel general en este territorio se han diferenciado dos principales agentes de degradación; destacando la industria y luego el turismo.

- Los antecedentes expuestos indican que el Cajón del Maipo presenta un conjunto de sitios de importancia geológica internacional, regional y nacional, desde el punto de vista científico, educativo y turístico. Se concluye que en este territorio se cumplen los requerimientos que exige la Red Mundial de Geoparques de la UNESCO respecto al patrimonio geológico y la geodiversidad.

- Los resultados obtenidos y la información generada han permitido elaborar los siguientes productos: Inventario de geositios, Mapa de geositios, Base de datos y documentación de geositios, colección de rocas representativas del territorio, además de tres videos de difusión y puesta en valor del proyecto Geoparque Cajón del Maipo y su patrimonio geológico.

- Se concluye con esto la primera fase del proyecto Geoparque Cajón del Maipo, permitiendo avanzar de manera significativa en las siguientes etapas que permitirán concretar una exitosa postulación del Cajón del Maipo a la Red de Geoparques Mundiales reconocidos por la UNESCO.

5.8

Glosario

A continuación, se presenta un glosario de términos técnicos usados en este documento. Se incluyen términos relativos al patrimonio geológico y su estudio (referencias de diversos autores), además de algunos conceptos geológicos que aparecen en el texto (definiciones mayormente tomadas de Tarbuck and Lutgens (2005)).

CONCEPTOS ASOCIADOS AL ESTUDIO DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO

Educación Ambiental: La educación ambiental es un proceso permanente en el cual los individuos y las comunidades adquieren conciencia de su ambiente, aprenden los conocimientos, los valores, la experiencia y, también, la determinación que les capacite para actuar, individual y colectivamente, en la resolución de los problemas ambientales presentes y futuros (UNESCO-UNEP, 1987).

Geoconservación: Conjunto de técnicas y medidas encaminadas a asegurar la conservación del patrimonio geológico y de la geodiversidad, basadas en el análisis de sus valores intrínsecos, valores de uso público y riesgo de degradación. El patrimonio geológico y la geodiversidad tienen un valor intrínseco, y además presentan distintos niveles de amenaza, lo que hace necesaria la adopción de medidas de protección y conservación (Valderrama, Leon, & Castellano, 2013).

Geodiversidad: Es la variedad de elementos geológicos presentes en un territorio y que son el producto y registro de la evolución del planeta Tierra. Puede estar compuesta de rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve, formaciones geológicas, paisajes, entre muchas otras. La geodiversidad además presenta relación con otros aspectos como la geografía, el paisaje, las características climáticas, e incluso condiciona en gran medida la biodiversidad y la cultura de los territorios (Carcavilla et al., 2014).

Geoparque: Área geográfica que posee un rico patrimonio geológico representado en diversos sitios de interés geológico o "geositios". Estos son aprovechados como un motor que permite la puesta en marcha de iniciativas de conservación, educación ambiental y desarrollo económico local, principalmente a través del turismo. Un Geoparque además apunta a explorar y comprender los vínculos entre la geología y los demás aspectos del entorno geográfico, la naturaleza, la cultura y las comunidades que habitan el territorio (GGN, 2010).

Geositio: El patrimonio geológico está formado por un conjunto de lugares con elementos geológicos de relevancia y valor especial, denominados "Geositios". Su importancia y singularidad se otorga por su interés científico y/o didáctico, aunque también puede ser importante el interés cultural, recreativo o paisajístico, entre otros. Estos deben reflejar aspectos relevantes relacionados con la geología y sus procesos activos, siendo representativos del contexto geológico local (Carcavilla et al., 2014).

Geoturismo: Turismo que sustenta y mejora la identidad de un territorio, considerando su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y bienestar de sus residentes. La población local y los visitantes deben involucrarse de un modo eficaz en este tipo de turismo, contribuyendo a construir una identidad local y promoviendo los valores únicos del territorio. El turismo geológico se asume como uno de los diversos componentes del geoturismo (Martini et al., 2012)

Inventario de Geositios: Estudio que busca identificar y caracterizar los sitios de mayor interés geológico de un territorio. Se trata de un proceso esencial en cualquier estrategia de gestión y conservación de la geodiversidad y el patrimonio geológico, ya que permite conocer el valor y necesidad de gestión de los geositios de un territorio. Se trata de un insumo clave al presentar la candidatura a la Red Global de Geoparques (UNESCO, 2017a).

Patrimonio Geológico: Son aquellos elementos geológicos que presentan un especial valor y singularidad debido, fundamentalmente, a su interés científico y/o didáctico. Este patrimonio forma parte del patrimonio natural e incluye formas y estructuras originadas por cualquier proceso geológico, incluyendo algunos como yacimientos paleontológicos, paisajes geomorfológicos, estructuras geológicas, entre otros (Carcavilla et al., 2014; Ridao et al., 2015).

Abanico aluvial: Depósito de sedimentos en forma de abanico que se crea cuando la pendiente de una corriente fluvial disminuye abruptamente.

Afloramiento termal: Afloramiento de agua que está entre 6 y 9 °C más caliente que la temperatura media anual del aire para las localidades donde aparece.

Alteración hidrotermal: Alteraciones químicas que se producen cuando el agua caliente rica en iones circula a través de las fracturas de la roca producto del calor interno de la Tierra asociado a actividad ígnea.

Arcilla: Término utilizado para describir una variedad de minerales complejos que tienen estructura laminar y suelen ser de grano muy fino.

Arenisca (roca): Roca sedimentaria conformada por fragmentos de roca o detritos de tamaño arena. Después de la lutita, la arenisca es la roca sedimentaria más abundante; constituye aproximadamente el 20 por ciento de todo el grupo.

Brecha sedimentaria (roca): Conglomerado sedimentario cuyos clastos del esqueleto son angulosos.

Brecha volcánica (roca): Depósito de material volcánico que se compone en parte por clastos angulosos. Se pueden asociar a erupciones explosivas por rotura de la roca caja.

Caldera: Gran depresión normalmente causada por hundimiento de una cámara magmática. Se asocian a grandes erupciones volcánicas.

Caliza (roca): Roca sedimentaria química más abundante, compuesta fundamentalmente del mineral calcita ($CaCO_3$) y se forma por procesos inorgánicos o bioquímicos. Representa alrededor del 10 por ciento del volumen total de todas las rocas sedimentarias

Calcilutita (roca): Roca sedimentaria similar a la caliza, compuesta por barro con calcita litificado, integrado por partículas de tamaño limo.

Cámara magmática: Zona donde se almacena el magma (roca fundida) proveniente del manto, el cual posteriormente es expulsado a la superficie en forma de erupción volcánica. La cámara magmática se comunica con el cráter del volcán a través de un conducto conocido como chimenea.

Carófitas fósiles: plantas verdes de aguas dulces o salobres. Por tener las paredes celulares calcificadas en la mayoría de las formas, el grupo está ampliamente representado en estado fósil. Las más antiguas del mundo tienen más de 400 millones de años.

Cascada: Corriente de agua que cae desde cierta altura a causa de un brusco desnivel en su cauce, especialmente en un río.

Circo glacial: Cuenca en forma de anfiteatro situada en la cabecera de un valle glaciar, producida por la erosión del hielo.

Conglomerado (roca): Roca sedimentaria conformada por fragmentos de roca o detritos de tamaño grava (mayores a 2 mm), generalmente redondeados, como los transportados por ríos.

Cuenca hidrográfica: La cuenca hidrográfica es un área de captación natural del agua de precipitación de la lluvia que hace converger los escurrimientos hacia un único punto de salida.

Dique: Intrusión ígnea de forma tabular que atraviesa la roca encajante cortando los estratos.

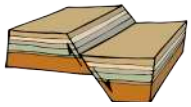
Erosión diferencial: Pérdida de material sólido en rocas de menor resistencia relativa, respecto a otras más resistentes.

Estratos: Capas paralelas de rocas de origen sedimentario o volcánico.

Estratificación gradada: Tipo de estratificación donde se observa que los fragmentos de roca (clastos) van disminuyendo de tamaño desde las capas inferiores hacia las superiores. Se forma por disminución de las fuerzas de transporte del agua.

Falla: Plano de rotura en una masa rocosa a lo largo de la cual se produce movimiento relativo entre los bloques de roca.

Falla inversa: Falla en la cual el material situado encima del plano de falla asciende en relación con el material situado debajo.



Falla normal: Falla en la cual la roca situada por encima del plano de falla se ha movido hacia abajo en relación con la roca situada por debajo.

Filón de manto: Intrusión ígnea de forma tabular que se emplaza en la roca encajante paralela a los estratos.

Flujo de detritos: Es un tipo relativamente rápido de proceso gravitacional que consiste en la fluencia de suelo y fragmentos de roca con abundante cantidad de agua.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fósil: Restos o huellas de organismos conservados desde el pasado geológico.

Geología: Ciencia que estudia la Tierra, su forma y composición, y los cambios que ha experimentado y está experimentando.

Geomorfología: rama de la geografía física y de la geología que tiene como objetivo el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado a describir, entender su génesis y su actual comportamiento.

Glaciar de montaña: Glaciar confinado a un valle de montaña, que en la mayoría de los casos había sido previamente un valle fluvial.

Glaciar rocoso: Es un tipo de glaciar que se caracteriza por estar cubierto con escombros rocosos en espesores desde pocas decenas de centímetros hasta algunos metros.

Glaciar: Gruesa masa de hielo que se origina en la superficie terrestre por compactación y recristalización de la nieve mostrando evidencias de flujo en el pasado o en la actualidad.

Granito (roca): Roca plutónica de grano grueso rica en los minerales silicatados de color claro, como son el cuarzo los y feldespatos. El granito y sus rocas relacionadas son constituyentes principales de la corteza continental.

Granodiorita (roca): Roca plutónica de grano grueso compuesta principalmente por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, y minerales máficos como biotita y anfíbol. Similar al granito, pero con menor cantidad de sílice.

Horn: Montaña con forma de pico piramidal formado por la acción glaciar de tres o más circos que rodean la cima montañosa.

Icnita: Son las estructuras preservadas en rocas sedimentarias que registran actividad biológica, como huellas o rastros de seres vivos.

Ignimbrita: Extensos flujos piroclásticos densos con un alto contenido en fragmentos magmáticos juveniles que se emplazan a temperatura elevada. Producto de erupciones volcánicas muy explosivas.

Lacolitos: Intrusiones plutónicas similares a los filones de manto, pero de mayor volumen, que se caracterizan por tener una forma relativamente concordante con los estratos de roca, con uno de sus contactos principales más o menos recto y el otro convexo.

Laguna glacial: Cuerpo de agua alimentado por el deshielo de una masa glaciar.

Lahar: Coladas de derrubios originadas en las pendientes de los volcanes que se producen cuando capas inestables de ceniza y derrubios se saturan en agua y fluyen pendiente abajo, siguiendo normalmente los cauces de los ríos.

Lava: Magma que alcanza la superficie terrestre. Las erupciones efisuvas se asoian a la erupción de lava.

Litología: Área de la geología que estudia las rocas, especialmente su tamaño de grano, el tamaño de las partículas y sus características físicas y químicas.

Lutita (roca): Roca sedimentaria compuesta por partículas del tamaño de la arcilla y el limo. Estas rocas detríticas de grano fino constituyen más de la mitad de todas las rocas sedimentarias de la Tierra.

Material piroclástico: Material volcánico fragmentado expulsado durante una erupción explosiva. Son materiales piroclásticos las cenizas, las bombas y los bloques.

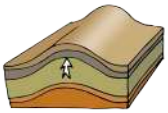
Monzonita cuarcífera (roca): Roca plutónica de grano grueso y color gris, compuesta principalmente por feldespato, biotita, hornblenda y cuarzo. Similar al granito o la granodiorita.

Monzogranito (roca): Roca plutónica de grano grueso compuesta principalmente por cuarzo, plagioclasa, y feldespato potásico. Similar al granito.

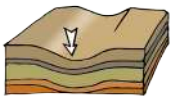
Morrena: Depósitos de till (sedimento glaciar) arrastrados directamente por el hielo.

Patrimonio paleontológico: el conjunto de restos directos de organismos o restos indirectos (resultado de su actividad biológica) que se han conservado en el registro geológico y al cuál se le ha asignado un valor científico, didáctico o cultural.

Pliegue: Capa o serie de capas dobladas que originalmente eran horizontales y después se deformaron.



Pliegue anticlinal: Pliegue de estratos sedimentarios que recuerda a un arco.



Pliegue sinclinal: Pliegue con disposición cóncava de los estratos sedimentarios; o encontrándose las rocas más modernas en el centro.

Plutón: Estructura que se produce como consecuencia del emplazamiento y cristalización del magma bajo la superficie terrestre.

Roca ígnea: Roca formada por el enfriamiento y la cristalización de un magma. Pueden ser volcánicas (o extrusivas, que alcanzan la superficie) o plutónicas (o intrusivas, que se forman bajo la superficie).

Roca metamórfica: Roca formada por la modificación de otras preexistentes en el interior de la Tierra (pero todavía en estado sólido) mediante calor, presión y/o fluidos químicamente activos.

Roca plutónica (o roca intrusiva): Roca ígnea que se forma en la profundidad. Recibe el nombre de Plutón, el dios del mundo inferior de la mitología clásica.

Roca sedimentaria: Roca formada a partir de los productos de meteorización de rocas preexistentes (sedimentos) que han sido transportadas, depositadas y litificadas.

Roca sedimentaria química: Roca sedimentaria que consiste en material precipitado del agua por medios orgánicos o inorgánicos.

Rocas sedimentarias detríticas: Rocas que se forman a partir de la acumulación de los materiales que se originan y son transportados como partículas sólidas y fragmentos de roca, resultado de la meteorización de rocas y minerales.

Terraza fluvial: Estructura plana en forma de banco producida por una corriente de agua de un río, que quedó elevada conforme la corriente erosionaba en sentido descendente.

Toba (roca): Roca ígnea piroclástica, de consistencia porosa, formada por la acumulación de diminutos fragmentos del tamaño de cenizas que se cementaron después de su caída tras una erupción volcánica explosiva.

Tonalita (roca): Roca plutónica de grano grueso compuesta principalmente por cuarzo, plagioclasa, hornblenda y biotita. Similar al granito pero con menor cantidad de sílice.

Travertino: Forma de caliza ($CaCO_3$) que es depositada por manantiales calientes o como un depósito cárstico

Valle glaciar: Son producidos por la acción de la erosión del avance de masas glaciares. Suelen tener forma de "U", con paredes de roca verticales y un fondo de valle más bien plano.

Volcán: Montaña formada por la acumulación lava, materiales piroclásticos o ambos.

6

Bibliografía y Referencias

- Álvarez, M. (2006). Factibilidad de utilización de técnicas geofísicas en estudios de fenómenos de remoción en masa. Caso: deslizamiento de San José de Maipo., Universidad de Chile, Santiago de Chile. Retrieved from http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104440
- Benado, J. (2013). Patrimonio geológico del proyecto geoparque Cajón del Maipo (Región Metropolitana - Chile). (Magíster), Universidad de Minho.
- Benavente, O., Gutiérrez, F., Aguilera, F., Reich, M., Tassi, F., & Vaselli, O. (2012). El sistema magmático-hidrotermal asociado al Volcán Tupungatito, Región Metropolitana, Chile. Paper presented at the Conference Paper. XIII Congreso Geológico Chileno.
- Benavente, O., Gutiérrez, F., Aguilera, F., Reich, M., Tassi, F., & Vaselli, O. (2012). El sistema magmático hidrotermal asociado al Volcán Tupungatito, Región Metropolitana, Chile. Paper presented at the Conference Paper. XIII Congreso Geológico Chileno.
- Bravo-Espinosa, M., Mendoza, M., Medina-Orozco, L., & Sáenz-Reyes, T. (2010). Características y control de cárcavas. Terra Latinoamericana, 28(3), 281-285.
- Brilha, J. (2016). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. Geoheritage, 8, 119-134.
- Buglio, F. (2017). Reanálisis de las series de mediciones del balance de masa del Glaciar Echaurren Norte, Región Metropolitana, Chile. Universidad de Chile, santiago de Chile.
- Bustamante, M., Silva, C., J., V., Cortés, R., Pincheira, W., Ortiz, M., . . . Wall, R. (2010). Exploración geológica para el fomento de la energía geotérmica: Área Termas del Plomo. Región Metropolitana de Santiago. . Santiago de Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Calderón, S. (2008). Condiciones físicas y químicas del metamorfismo de muy bajo grado de las secuencias mesozoicas en el valle del Río Volcán (33°50'-34°00'S). Memoria de Título, Universidad de Chile, Departamento de Geología.
- Carcavilla, L. (2014). Guía práctica para entender el patrimonio geológico. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 22(1), 5.
- Carcavilla, L., Delvene, G., Díaz-Martínez, E., Cortés, Á. G., Lozano, G., Rábano, I., . . . Vegas, J. (2014). Geodiversidad y patrimonio geológico. Instituto Geológico y Minero de España, 21.
- Chile, S. d. Andes Centrales Río Olivares, Gran Salto – Ruta Patrimonial N°4. 2019
- Chinchay, L. (2011). Geodiversidad y Patrimonio Geológico en Ecuador, Comparativa con otros Países y Propuestas de Actuación. Universidad Politécnica de Cataluña/2011.
- CMN. Predio Cascada de Las Ánimas. Retrieved 10 de enero, 2019, from http://www.monumentos.cl/monumentos/santuarios-de-la-naturaleza/predio-cascada-animas
- DGA. (2004). Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de calidad: Cuenca del Río Maipo (pp. 195). Santiago de Chile: Dirección General de Aguas.

- Escobar, F., Casassa, G., & Pozo, V. (1995). Variaciones de un glaciar de montaña en los Andes de Chile central en las últimas dos décadas. Bull. Inst. fr. études andines, 24(3), 683-695.
- Espinosa, H., Cabeza, Á., & Gutiérrez, A. (2011). El Patrimonio del Cajón del Maipo: Huellas de la Naturaleza, Historia e Identidad. Santiago de Chile.
- Fock, A. (2005). Cronología y tectónica de la exhumación en el Neógeno de los Andes de Chile central entre los 33° y los 34° S. (Geología Memoria de título), Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- García, A., & Carcavilla, L. (2013). Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). España.
- García, J., Pizarro, F., & Calcagni, V. (2014). Fluctuaciones glaciales holocénicas en el Cajón del Maipo, Andes centrales de Chile: observaciones morfoestratigráficas de los glaciares Loma Larga y Nieves Negras. Los riesgos traen oportunidades, Transformaciones globales en los Andes Sudamericanos. Serie Geolibros, 20, 35-52.
- Geoestudios. (2011). Catastro, Exploración y Estudio de Glaciares en Chile Central.: Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.
- Directrices y criterios para Parques Nacionales interesados en recibir asistencia de la UNESCO para integrar la Red Mundial de Geoparques (GGN) (2010).
- Giambigi, L., Tunik, M., Ramos, V., & Godoy, E. (2009). The High Andean Cordillera of Central Argentina and Chile along The Piuquenes Pass-Cordon del Portillo Transect: Darwin's pioneering observations compared with modern geology. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 64, 43-54.
- González, O. (1963). Observaciones geológicas en el valle del río Volcán. Revista Minerales, 81.
- González-Ferrán, O. (1995). Volcanes de Chile: Instituto Geográfico Militar.
- Guest, J., & Jones, G. (1970). Origin of ash deposits in the Santiago area, central Chile. Geological Magazine, 107(4), 369-381.
- Gutierrez, F., Payacan, I., Gelman, S., Bachmann, O., & Parada, M. (2013). Late□stage magma flow in a shallow felsic reservoir: Merging the anisotropy of magnetic susceptibility record with numerical simulations in La Gloria Pluton, central Chile. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 118(5), 1984-1998.
- Hauser, A. (2000). Remociones en Masa en Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, 59.
- Hilario, A., Mendia, M., Agirrezabala, L. M., Aramburu, A., Arriolabengoa, M., Orue-Etxebarria, X., . . . Mugerza, I. (2013). Inventario y propuestas de actuación: Lugares de Interés Geológico. España: Geoparque de la Costa Vasca.
- Hilario, A., Mendia, M., Monge-Ganuzas, M., Fernández, E., Vegas, J., & Belmonte, A. (Eds.). (2015). Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- INE. (2017). Censo 2017. from http://www.censo2017.cl/servicio-de-mapas/
- Infante, N. (2009). El Monumento natural El Morado (Andes Centrales Chilenos): Análisis del medio biofísico, paisaje y propuestas para su gestión. . (Doctorado), Universidad de Barcelona, España.

- Jordan, T. E., Isacks, B. L., Allmendinger, R. W., Brewer, J. A., Ramos, V. A., & Ando, C. J. (1983). Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. Geological Society of America Bulletin, 94(3), 341-361.
- Klohn, G. (1960). Geologia de la cordillera de los Andes de Chile central: provincias de Santiago. 95.
- Lara, M. (2007). Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en Quebrada San Ramón, Santiago Oriente, Región Metropolitana. (Magister), Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Magazine, A. (2012). Ground Truth. from https://www.astrobio.net/titan/ground-truth/
- Mahood, G. A., & Cornejo, P. C. (1992). Evidence for ascent of differentiated liquids in a silicic magma chamber found in a granitic pluton. Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh, 83(1-2), 63-69.
- Martini, G., Alcalá, L., Brilha, J., Lantria, L., Sá, A., & Tourtellot, J. (2012). Reflections about the geotourism concept. Paper presented at the 11th European Geoparks Conference.
- Medina, W. (2015). Importancia de la Geodiversidad. Método para el inventario y valoración del Patrimonio Geológico. Contribuciones a la Geología Argentina, 31(Serie Correlación Geológica), 57-62.
- Mendia, M., Hilario, A., Apellaniz, E., Aranburu, A., Carracedo, M., Cearreta, A., . . . López-Horgue, M. (2013). El Inventario de Lugares de Interés Geológico de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV). Patrimonio geológico, un recurso Para el desarrollo. Cuadernos del Museo Geominero, 15, 457-466.
- Mourgues, F. A., Contreras, K., Schilling, M. E., Benado, J., & Partarrieu, D. (2016). Chile. In J. L. P. Prieto, J. L. S. Cortez & M. E. Schilling (Eds.), Patrimonio geológico y su conservación en América Latina, Situación y perspectivas nacionales.
- Niemeyer, H. (1980). Hoyas Hidrográficas de Chile: Región Metrpolitana (pp. 19): Dirección General de Aguas.
- Omaña, L., Buitrón, B., & Ortega-Rivera, A. (2015). Los prismas basálticos de Santa María Regla, Hidalgo: un sitio espectacular en México. Nuestra Tierra, 24, 6-7.
- ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Retrieved 15 de enero, 2019, from https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/
- Pablos, J. M. (2015). El geoparque de Villuercas-Ibores-Jara. Una oportunidad de desarrollo sostenible. Universidad de Extremadura.
- Palacio, J. L. (2013). Geositios, geomorfositios y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 82(Investigaciones Geográficas), 24-27.
- Pincetti, G. (2016). Hidrogeoquímica e hidrodinámica de las fuentes termales del río Yeso y río Volcán, Cordillera de Los Andes, Región Metropolitana., Universidad de Chile, Santiago de Chile. Retrieved from http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139909
- Ridao, J., Águila, E., Bernabé, J. M., & Pérez, I. (2015). Educación ambiental y conservación de la geodiversidad. Guías didácticas de educación ambiental, Junta de Andalucía.
- SERNAGEOMIN. (2017). Complejo Volcánico San José. 2019, from http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/21_San-Jose%CC%81.pdf

- SERNAGEOMIN. (2017). Volcán Tupungatito. 2019, from http://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/11/22_Tupungatito.pdf
- Soto, M. V., Castro, C. P., Rodolfi, G., Maerker, M., & Padilla, R. (2006). Procesos geodinámicos actuales en ambiente de media y baja montaña: Borde meridional de la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana de Santiago. Revista de Geografía Norte Grande(35), 77-95.
- Sruoga, P., Etcheverría, M. P., Feineman, M., Rosas, M., Bukert, C., & Ibañes, O. (2012). Complejo Caldera Diamante-volcán Maipo (34° 10'S, 69°50'O): Evolución volcanológica y geoquímica e implicancias en su peligrosidad. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 69(4), 508-530.
- Stern, C. R., Amini, H., Charrier, R., Godoy, E., Herve, F., & Varela, J. (2010). Petrochemistry and age of rhyolitic pyroclastic flows which occur along the drainage valleys of the rio Maipo and rio Cachapoal (chile) and the rio Yaucha ano rio papagayos (argentina). Andean Geology(23).
- Strahler, A., & Strahler, A. (1989). Geografía Física. Barcelona, España: Ediciones Omega.
- Thiele, R. (1980). Hoja Santiago: región metropolitana: carta geológica de Chile escala 1: 250.000: Instituto de Investigaciones Geológicas.
- Troncoso, C. (2012). Estudio estratigráfico y de volcanología física de la Ignimbrita Pudahuel. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- UNESCO. (2017). Los Geoparques Mundiales de la UNESCO.
- UNESCO. (2017). UNESCO Global Geoparks contributing to the Sustainable Development Goals: celebrating earth heritage, sustaining local communities.
- UNESCO-UNEP. (1987). Congreso Internacional de Educación y Formación sobre Medio Ambiente. Moscú, URSS.
- Valderrama, G., Leon, M., & Castellano, A. (2013). Guía para el uso sostenible del patrimonio geológico de Andalucía. Junta de Andalucía.
- Zouros, N., & Valiakos, I. (2010). Geoparks management and assessment. Bulletin of the Geological Society of Greece, 43(2), 965-977.

7

Agradecimientos

El equipo FUNDESO, en representación del Comité Promotor del Proyecto Geoparque Cajón del Maipo, desea expresar sus más sinceros y profundos agradecimientos a la Ilustre Municipalidad de San José de Maipo: su alcalde, don Luis Hernán Pezoa Álvarez; a Fundación Caserta: su presidenta, Francisca Cortés Solari; y Reserva Elemental Likandes, sin cuya colaboración este trabajo no hubiese podido ser una realidad.

Asimismo, agradecemos por su valioso apoyo en asesorías científicas al Dr. Alejandro Sánchez, de la Universidad de Santiago de Chile y al Dr. Francisco Gutiérrez de GeoExpedition, así como al Coordinador del Geoparque Mundial Grutas del Palacio (Uruguay) y Secretario de la Red de Geoparques de América Latina y el Caribe, Lic. Diego Irazábal y la Coordinadora regional del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques en América Latina y el Caribe, Mtra. Denise Gorfinkiel de la Oficina Regional de Ciencias de UNESCO para América Latina y el Caribe.

No podemos dejar de expresar gratitud a quienes de alguna u otra manera nos han colaborado: a Patricia Morales Errázuriz, Daniel Henríquez, Eduardo Katz, Marcela Iglesias, Gabriela Guzmán del equipo de Fundación Caserta; a Arturo Carrasco, Beatriz Bustos Alegría, Sergio Lazo Cansino, por su valiosa colaboración en materias de seguridad y logística en terreno, sistematización y base de datos e imágenes de dron respectivamente. Finalmente, agradecemos al equipo de funcionarios municipales de San José de Maipo, especialmente a Aron Toledo, Cristian Fritz y Karina Cabello.

PROYECTO

GEOPARQUE

CAJÓN DEL MAIPO

Geoparque Cajón del Maipo

geoparque_cajondelmaipo

GeoparqueMaipo