



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Geología

**CARACTERIZACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA
RESERVA DE LA BIÓSFERA CORREDOR BIOLÓGICO
NEVADOS DE CHILLÁN – LAGUNA DEL LAJA, REGIÓN DEL
ÑUBLE, CHILE.**

Memoria para optar al Título de Geólogo

Nicolás Aaron Gálvez Vega

Profesor Guía: Dr. Andrés Humberto Tassara Oddo
Profesores Comisión: Dra. Fernanda Carolina Álvarez Amado.
Dr. Mauricio Esteban Espinoza Vargas.

Concepción, 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar al EULA y a mi profesor guía, Andrés Tassara, que hicieron posible mi practica y mi posterior memoria. Siendo sincero nunca pensé que terminaría realizando estas en un tema que realmente me interesa, como el geopatrimonio.

También agradecer especialmente a mi familia, que desde la distancia se han preocupado por mí y me han dado su apoyo, y aun cuando me fui lejos a estudiar, siempre me sentí acompañado por ustedes. A mis papás, Juan y Yasna, por siempre preocuparse de nuestro bienestar e incentivar en mí y mis hermanos una conexión con la naturaleza, quizás que estaría estudiando si nunca nos hubiéramos mudado a Salamanca. Sé que a veces uno como hijo es ingrato, y no valora las cosas que tiene, pero agradezco el amor incondicional que me han entregado, que me ha dado seguridad estos años viviendo solo. A mis hermanos, Meribá, Juan y Dayenú, que de una u otra forma me alegraron mi niñez y me siguen alegrando la vida. A veces soy poco expresivo y ermitaño, pero los amo y si pudiera nacer de nuevo, desearía que siguiéramos siendo hermanos. Agradezco que sean parte de mi vida, tengo una confianza absoluta en todos ustedes, y espero que este lazo nunca se rompa. Agradezco también al futuro miembro de nuestra familia, Inti, por recibirme en tu casa estos últimos días, apúrate en nacer, que tus padres no se aguantan las ganas de conocerte, espero ser un buen padrino para ti en el futuro. A mi abuelita Lolo, por dejarnos jugar en su jardín y aguantarnos, aunque le rompiéramos las plantas. A mis mascotas, la Chica, el Timón, el Cabezón, la Musi, el Walter, la Curry, el Lemyu, el Oso, la Luna, la Vaca, el Gato Plomo, y todas las que quizás se me olvidan, están en mi corazón y han dejado una marca en mi vida.

También me gustaría agradecer a los amigos y compañeros que hicieron de la universidad algo soportable, al Miguel, Gonza, Marce, Pan y Giovanni, los quiero mucho, alegraron mi vida universitaria y me ayudaron a abrir mi corazón al mundo. Me enseñaron a compartir y socializar, y agradezco cada recuerdo que tengo de ustedes.

Por último, pero de manera más especial, me gustaría agradecer a la persona que ha iluminado esta última parte de mi vida, muchas gracias Johanine, me ayudaste a madurar, crecer, y aprender a amar. Gracias por tu amor y paciencia, agradezco cada día más que paso contigo. Sé que a veces nos peleamos, y mientras escribo esto yo estoy en Salamanca y tú en Concepción, pero eres la razón por la cual me despierto cada día a avanzar en la memoria. Eres el amor de mi vida, y sin ti esto no hubiera sido posible.

ÍNDICE

RESUMEN	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo General.....	3
1.1.2. Objetivos Específicos	3
1.2. Ubicación y Accesos.....	3
1.3. Clima.....	4
1.4. Flora.....	5
1.5. Fauna.....	7
2. CONCEPTOS TEÓRICOS DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO.	8
2.1. Conceptos generales	8
2.2. Patrimonio geológico.....	8
2.3. Geodiversidad	8
2.4. Geositio.....	9
2.5. Sitio de geodiversidad.....	9
2.6. Geoconservación.....	10
2.7. Geoturismo.....	10
2.8. Geoparque	11
3. ANTECEDENTES DE PATRIMONIO GEOLÓGICO.	12
3.1. Referencias Internacionales y Nacionales	12
3.2. Programa de detección y establecimiento de geositios.....	14
3.3. Consejo de Monumentos Nacionales y los Santuarios de la Naturaleza	14
3.4. Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) y Servicio de Biodiversidad de Áreas Protegidas (SBAP)	15
3.5. Reservas de la Biósferas: El caso del Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja	16
4. MARCO GEOLÓGICO.....	18
4.1. Geología del área de estudio.....	18

4.1.1.	Formación Cura-Mallín (Oligoceno tardío-Mioceno medio).....	18
4.1.2.	Batolito Santa Gertrudis – Bullileo (Mioceno).....	19
4.1.3.	Formación Cola de Zorro (Plioceno - Pleistoceno inferior).....	19
4.1.4.	Complejo Volcánico Nevados de Chillán (Pleistoceno Medio – Holoceno)	20
4.1.5.	Depósitos Morrénicos Indiferenciados (Pleistoceno Superior-Reciente).....	21
4.1.6.	Depósitos de Deslizamiento Indiferenciados (Pleistoceno Superior-Reciente)	21
4.1.7.	Depósitos Piroclásticos Indiferenciados (Pleistoceno Superior-Reciente).....	22
4.1.8.	Depósitos Laháricos (Pleistoceno Superior-Reciente)	22
4.1.9.	Depósitos Coluviales, Depósitos Aluviales y Abanicos Aluviales (Pleistoceno Superior-Reciente)	22
4.2.	Contextos Geológicos Regionales	23
5.	METODOLOGÍA	24
5.1.	Mapa Geológico Simplificado	24
5.2.	Valoración del Patrimonio Geológico	24
5.2.1.	Identificación y Diagnóstico.....	25
5.2.2.	Clasificación, Valoración y Selección.....	25
5.1.3.	Caracterización de los geositios	34
6.	RESULTADOS.....	35
6.1.	Geología local simplificada	35
6.2.	Patrimonio Geológico	37
6.2.1.	Evaluación cuantitativa y Caracterización de potenciales geositios	37
6.2.2.	Evaluación del riesgo de degradación y prioridad de protección.....	43
6.2.3.	Caracterización de los geositios seleccionados	44
6.2.4.	Rutas Geológicas	44
6.2.5.	Geo-ruta Los Sauces-Aguas Calientes.	45
6.2.6.	Georuta Las Lumas.....	47
6.2.7.	Georuta Ranchillo.....	49
7.	DISCUSIÓN.....	52
7.1.	Patrimonio geológico de la Reserva	52
7.1.1.	Inventario final	52

7.1.2. Lugares de interés geológico más destacables	56
7.2. Metodología.....	62
8. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS	67
ANEXOS	71
ANEXO I: Contextos geológicos chilenos preliminares (modificado de Mourgues et al., 2012). Fuente: Patrimonio geológico y su conservación en América Latina, 2016.	71
ANEXO II: Georutas en el Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja. 72	
ANEXO III: Fichas descriptivas.....	74
ANEXO IV: Resultados de cuantificación normalizados de los geositos en la Reserva de la Biósfera Nevados de Chillán - Laguna del Laja.	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación y acceso al área de estudio.....	4
Figura 3.1 Reserva de la Biósfera “Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja”.	17
Figura 6.1 Mapa Geológico área de estudio y geositios. Escala 1:100.000. Elaboración propia en Software QGis 3.22.	36
Figura 6.2. Gráfico con los contextos geológicos representados.	39
Figura 6.3. Gráfico de valoración cuantitativa para ranking final. Obtenido en cada geositio al sumar las tres categorías de uso.....	41
Figura 6.4. Mapa con diagrama de cuantificación geositios. Distribución de geositios y diagrama de cuantificación según categoría de uso.	42
Figura 6.5. Vista hacia el NE del valle del rio Ñuble desde el Mirador Ñuble.....	45
Figura 6.6. Intercalación de bloques columnares y lavas con platty fractures.	46
Figura 6.7. Aguas termales del Valle de Aguas Calientes (izquierda). Vista hacia el O desde el Mirador Volcanes (derecha).	47
Figura 6.8. Depósitos coluviales de tamaño bloque que constituyen al Cementerio de Rocas....	48
Figura 6.9. Vista desde la Cordillera de las Hornillas.	49
Figura 6.10. Vista desde Mirador Fátima 2 hacia el valle glaciar homónimo.....	50
Figura 6.11. Vista desde el mirador hacia estratos de Fm. Cura-Mallín y el valle glaciar Calabozo (izquierda). Salto de agua secundario del geositio Salto El León (derecha).	51
Figura 7.1. Mapa geológico con geositios reconocidos en la reserva. Escala 1:150.000.....	53
Figura 7.2. Gráfico geositios dentro de la reserva. Considera valores “Alto” y “Medio” para la suma de las tres categorías de uso.	55
Figura 7.3. Vista al Anticlinal Volcado Cura-Mallín. Extraído de Urrutia (2018).	56
Figura 7.4. Centro Eruptivo Los Pangues (arriba). Quebrada Sierra Velluda (abajo). Extraído de Urrutia (2018).	57
Figura 7.5. Cordón de cerros La Cortina. Extraído de Urrutia (2018).	58
Figura 7.6. Salto Las Chilcas - Salto El Torbellino. Extraído de Urrutia (2018).....	59
Figura 7.7. Subcomplejo volcánico Cerro Blanco. El Glaciar se encuentra cubriendo el Volcán Cerro Blanco en el medio (arriba). Lavas Los Pincheira en el valle del Estero Renegado. Se	

distinguen dos tipos de fracturas (tipo columnares y “hackley fractures”). Altura del acantilado ~125m (abajo). Extraído de Rivera (2014)..... 60

Figura 7.8. Ascenso al Volcán Parador (izquierda). Lóbulo frontal de las lavas de Shangri-La (derecha). Extraído de Rivera (2014). 61

Figura 7.9. Vista panorámica hacia el este en Geosítio La Punilla. Extraído de Donoso (2017). 62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1. Criterios, valores y ponderaciones asociadas a cada uno de los parámetros según Categoría de Uso (C: Uso Científico, D: Uso Didáctico, TR: Uso Turístico-Recreativo, RD: Riesgo de Degradación).....	27
Tabla 5.2. Evaluación de la calidad visual del paisaje por Rojas y Kong (1998). Componentes y criterios propuestos para cada elemento.	31
Tabla 5.3. Calidad visual del paisaje. Según los valores promedios obtenidos con la evaluación de la Tabla 5.2.	32
Tabla 5.4. Ficha de caracterización de los geositos.....	34
Tabla 6.1. Resultados cuantificación geositos.....	37
Tabla 6.2. Parámetros estadísticos y rangos de valores para cada categoría.	40
Tabla 6.3. Puntaje obtenido para cada geosito en las distintas Categorías de Uso, mostrando la sumatoria final de cada geosito y la asignación de rangos “Alto”, “Medio” o “Bajo” en colores rojo, naranja y amarillo respectivamente.	40
Tabla 6.4. Geositos incluidos en el inventario final. Puntaje obtenido en la sumatoria de las tres categorías de uso Clasificados en: rojo los geositos de rango “Alto”, naranja de “Medio” y amarillo de “Bajo”.	43
Tabla 6.5. Datos estadísticos de Prioridad de Protección para cada categoría de uso.....	43
Tabla 6.6. Prioridad de Protección para cada categoría de uso (Científico, Didáctico y Turístico-Recreativo).....	44
Tabla 7.1. Ranking de geositos para cada categoría de uso a partir de la valoración cuantitativa obtenida.	63

RESUMEN

El patrimonio geológico se conoce como el conjunto de elementos de la geodiversidad con valor científico, tanto en su aparición in situ, como aquellos que han sido extraídos de su lugar original (Brilha, 2016), y la preservación de estos sitios de importancia geológica, comúnmente denominados geositios, implica que las generaciones actuales y futuras puedan beneficiarse de su valor científico, cultura, turístico o puramente estético. El estudio del patrimonio geológico y su consecuente aplicación, como lo son el geoturismo o planes educativos, son entonces fundamentales para su protección y conservación.

La presente investigación busca caracterizar y cuantificar el patrimonio geológico de la zona norte de la Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja (RBNCh-LL), cuya identificación fue en el marco de una práctica profesional de verano para la carrera de Geología UdeC, realizadas al alero del proyecto FIC "Gestión Ambiental Sustentable" de EULA. La evaluación del valor geopatrimonial de los geositios potenciales, se basa en la metodología propuesta por Partarrieu (2013), utilizada y modificada por Rivera (2014), Donoso (2017) y Urrutia (2018). Esta consiste en la clasificación de sitios de interés geológico según una de las tres categorías de uso definidas (científico, educativo o turístico-recreativo), también evaluando el "riesgo de degradación" de los geositios, considerando una serie de parámetros, a los que se les asigna un valor numérico que permite generar un inventario comparativo.

De los 16 geositios reconocidos en el área de estudio, 7 han sido incorporados al inventario final, que considera la suma de las tres categorías de uso (científico, didáctico, y turístico–recreativo). Estos resultados se han cartografiado en un mapa geológico del área de estudio. También se han propuesto 3 georutas, que recorren parte de las comunas de San Fabián, Pinto, Coihueco y Yungay, y buscarían fomentar el turismo y desarrollo económico de la zona.

El potencial geológico de la Reserva tiene la capacidad de proyectarla como un destino geológico de nivel internacional, sin embargo, la gran mayoría de los atractivos geológicos en el sector no se encuentran valorizados, y el desarrollo de infraestructuras y senderos hasta el momento son casi inexistentes. Estos factores deben ser la prioridad para que los sitios de interés geológicos puedan ser reconocidos eventualmente como geositios, y se pueda implementar su cuidado, preservación y promoción.

1. INTRODUCCIÓN

El patrimonio geológico se refiere al conjunto de singularidades geológicas, características geográficas, y recursos naturales que poseen un valor científico, cultural, educativo y recreativo. Estas singularidades geológicas pueden incluir formaciones rocosas, minerales, fósiles, paisajes naturales, y otros elementos que representan la historia y evolución geológica de la Tierra. La conservación y un uso adecuado de este patrimonio son esenciales, ya que la conservación de estos lugares no solo protege los recursos geológicos, sino también los hábitats y las especies que dependen de ellos, y puede ser una herramienta poderosa para enseñar a las personas sobre la geología, la historia de la Tierra y la importancia de la conservación ambiental. Además, el turismo sostenible puede generar ingresos para las comunidades locales y promover la conservación, siempre que se gestione adecuadamente.

El turismo en Chile ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años y se ha convertido en una industria importante para la economía del país, conocido por su diversidad geográfica, que incluye desde desiertos áridos en el norte hasta paisajes glaciares en el sur, junto con una rica herencia cultural y una amplia gama de actividades al aire libre. La industria turística ha aprovechado estos recursos naturales y culturales para atraer a visitantes nacionales e internacionales. En la región del Ñuble, que se encuentra en el centro-sur de Chile, el turismo también ha cobrado relevancia con la creación de la Región de Ñuble en 2018, que le ha brindado una mayor autonomía en el desarrollo y promoción de sus recursos turísticos.

El reconocimiento como Reserva de la Biósfera, entregado por la UNESCO en 2011, al Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, busca potenciar actividades humanas que se desarrollen de manera armónica con el lugar, fomentando una gestión sostenible con el entorno, a través de actividades económicas, educación, investigación y turismo. El Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja es una zona de gran importancia que se extiende desde el Parque Nacional Nevados de Chillán, que alberga una cadena de volcanes y un entorno montañoso excepcional, hasta la Reserva Nacional Laguna del Laja, que engloba un hermoso paisaje de lagunas, bosques y montañas. El corredor alberga una amplia variedad de hábitats, desde los bosques de araucarias hasta los ecosistemas alpinos de alta montaña, que son el hogar de numerosas especies de flora y fauna, muchas de las cuales son endémicas o están en peligro de extinción. La conectividad entre los dos parques nacionales permite que estas especies se muevan y mantengan

poblaciones saludables, siendo la reserva un destino atractivo para el turismo de naturaleza y aventura, atrayendo a visitantes que buscan disfrutar de actividades al aire libre como el senderismo, el esquí, la observación de aves y la fotografía de naturaleza. La región además ofrece oportunidades educativas para que las personas comprendan la importancia de la conservación de la naturaleza y la protección de estos ecosistemas únicos. La conciencia ambiental es un paso crucial hacia la conservación a largo plazo.

Dentro de este contexto es que durante el verano 2023, el Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile de la Universidad de Concepción realizó actividades asociadas al proyecto FIC "Gestión Ambiental Sustentable", cuya área de estudio se ubica en la Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja (RBNCh-LL), dentro de la Cordillera de Los Andes. Esta parte de la Cordillera Principal se caracteriza por el afloramiento de las unidades geológicas que corresponden a la Formación Cura – Mallín (Oligoceno Superior – Mioceno Superior), intruida por el Batolito Santa Gertrudis – Bullileo (Mioceno), y la Formación Cola de Zorro (Plioceno Superior – Pleistoceno), junto al volcanismo activo de los Nevados de Chillán desde el Pleistoceno Medio. La RBNCh-LL abarca parte de las comunas de San Fabián, Coihueco, Pinto, y Yungay, y dentro de ellas se ubican las Áreas Silvestres Protegidas de CONAF, Parque Nacional Laguna del Laja, Reserva y Santuario de la Naturaleza Huemules de Niblinto, y Reserva Ñuble, siendo considerada un área protegida por la UNESCO desde el año 2011, categoría que potencia el desarrollo del ecoturismo y promueve una mayor participación de las comunidades locales en actividades de administración, gestión, capacitación y supervisión relacionadas con la conservación de la biodiversidad natural y el desarrollo económico.

Dentro de la RBNCh-LL se han reconocido ya un total de 64 geositos, 13 de los cuales fueron considerados por Donoso (2017), 20 por Rivera (2014) y 31 por Urrutia (2018), que representan los diversos contextos geológicos observados al interior de la reserva. En el marco de una práctica profesional de verano para la carrera de Geología UdeC y realizadas al alero del proyecto FIC de EULA, se identificaron 16 potenciales geositos, los cuales serán el objeto de estudio de este informe, con el fin de su cuantificación y valorización.

Para la evaluación del valor geopatrimonial de los geositos potenciales, se utilizará una metodología basada en la propuesta por Partarrieu (2013), que consiste en aplicar una evaluación cualitativa-cuantitativa a un conjunto de sitios potencialmente aptos, para ser clasificados como

sitios de interés geológico según una de las tres categorías de uso definidas (científico, educativo y turístico), también evaluando el "riesgo de degradación" de los geositios.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Caracterizar y cuantificar sitios de interés geológico en la RBNCh-LL.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Confeccionar un mapa geológico simplificado, a partir de la compilación de antecedentes geológicos regionales, y de la observación y mapeo geológico realizado en terreno.
- Caracterizar sitios de interés geológico en base a una metodología geopatrimonial, generando un inventario, una cuantificación y finalmente una clasificación de los potenciales geositios, según su potencial de uso (científico, educativo y turístico-recreativo).
- Proponer posibles geo-rutas, con fines turísticos y educativos, que vinculen dos o más puntos de interés geológico.

1.2. Ubicación y Accesos.

El área de estudio está situada en la zona norte de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, entre los 26°48' - 30°73' Latitud Sur y 58°84' - 59°35' Longitud Oeste, abarca las comunas de San Fabián, Pinto, Coihueco y Yungay, en las Provincias de Punilla y Diguilín, Región del Ñuble.

Se realizaron 3 campañas de terreno en el área de estudio, iniciando en la comuna de San Fabián, Coihueco y Pinto, entre el 30 de enero y el 2 de febrero. El acceso se realiza por la Ruta N-31 que comienza en la localidad de San Carlos, pasando por San Fabián de Alicó hasta el sector El Roble en el límite oriental, al sur de la comuna, hasta las termas de Chillan, en la comuna de Pinto. La segunda salida a terreno se llevó a cabo en sector de Las Lumas, en la comuna de Coihueco, entre el 14 y 16 de febrero, con estadía en Refugio Relbunkó, se accede desde Coihueco por la carretera N-509, pasando por terrenos propiedad privada de Arauco, por lo que se necesita su permiso para llegar al refugio. La tercera salida fue en el predio fiscal Ranchillo Alto, bien nacional protegido ubicado en la comuna de Yungay, entre el 21 y 23 de febrero. El acceso se realiza a través de la carretera N-935 desde la ciudad de Yungay, con alojamiento en las instalaciones del lugar.

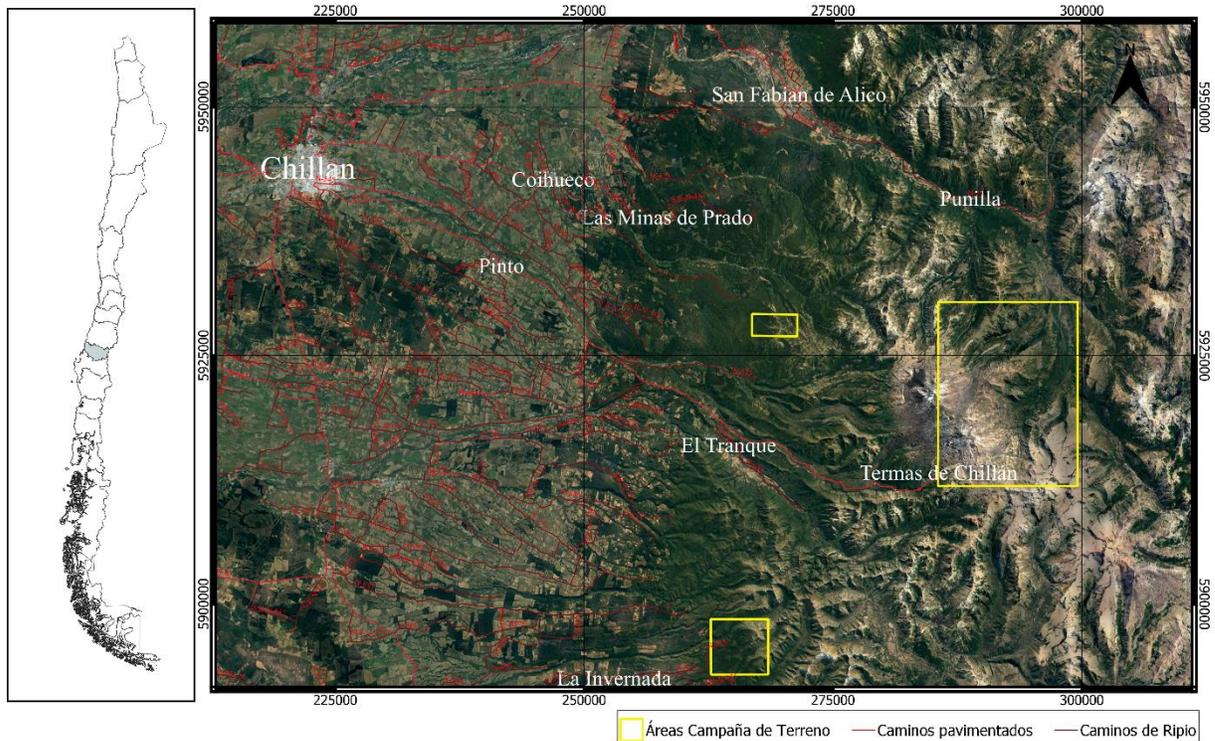


Figura 1.1 Ubicación y acceso al área de estudio.

1.3. Clima

Según el Plan de Manejo de la Reserva Forestal Ñuble de CONAF (1997), la región se caracteriza por la influencia del clima templado. En términos generales, se observan variaciones en las condiciones térmicas y de precipitación debido a factores como la latitud y la altitud. En la zona costera, prevalece un clima templado cálido con lluvias durante el invierno y una alta humedad atmosférica. Los vientos predominantes que provienen del oeste y noroeste, desde el océano Pacífico, junto con sistemas frontales, provocan abundantes precipitaciones en la llanura costera y en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa, superando a menudo los 2,000 mm anuales, aunque estas cifras disminuyen considerablemente en la vertiente oriental, donde las lluvias alcanzan aproximadamente 1,000 mm al año. Por otro lado, en el interior de la región, se experimenta un clima templado cálido con lluvias invernales. Entre los ríos Itata y Bio-Bío, en el valle central, la influencia del océano es menos notoria.

Estos climas se distinguen por las oscilaciones térmicas, tanto diurnas como anuales. La temperatura promedio en Concepción se mantiene alrededor de los 13°C. En algunas áreas, como Chillán, los veranos pueden ser aún más cálidos que en la región central. Las precipitaciones

aumentan en cantidad a medida que se avanza hacia el sur, y los meses sin lluvia se vuelven cada vez más escasos en esta dirección. En la región de la alta cordillera, que es donde se localiza la Reserva, experimenta un clima frío debido a la altitud, con niveles de precipitación que superan los 2,000 mm anuales.

Un estudio detallado y descriptivo del clima del centro-sur de Chile es presentado por Santibáñez y Uribe (1993, en Valdebenito, 2002), los cuales reconocen los distintos tipos de climas presentes en el área:

- Templado microtermal a infratermal estenotérmico mediterráneo húmedo: El clima típico de los valles se caracteriza por veranos frescos y crudos inviernos, con una precipitación anual promedio de alrededor de 2,322 a 2,364 mm en forma de lluvia y nieve. Las temperaturas máximas anuales oscilan entre 22,1 y 19,9 °C, mientras que las temperaturas mínimas se sitúan en un rango de aproximadamente 0,9 a 1,2 °C.
- Polar microtermal homotérmico perhídrico y Polar microtermal estenotérmico perhídrico: Se distingue en las regiones de alta montaña, donde se registran precipitaciones anuales más significativas, oscilando entre 3,300 y 3,800 mm, y las temperaturas máximas anuales se encuentran en un rango de 14.8 a 6.5°C, con temperaturas mínimas que pueden descender hasta -4.4°C.

1.4. Flora

La UNESCO ha otorgado reconocimiento a la Reserva de la Biósfera por su destacada biodiversidad, esta se ubica en la zona de transición entre la vegetación mediterránea de Chile central, constituida principalmente por bosques esclerófilos, y los bosques templados siempreverdes del sur de Chile (Grau, 1995), cuya conservación es imperiosa ya que las formaciones vegetales en el territorio nacional se ven gravemente amenazadas y alteradas por acciones humanas, como la agricultura y la expansión de monocultivos (Gajardo, 1983).

Según Hoffmann (1997), en la región se pueden distinguir las siguientes formaciones vegetales:

Matorral de Transición: Esta formación actúa como una zona de transición entre la vegetación arbustiva de la región central y la selva del sur. Sus características se sitúan en un punto intermedio entre el mesomorfismo y el higromorfismo. En las áreas más al sur, es común encontrar árboles como el Roble (*Nothofagus obliqua*), Coigüe (*Nothofagus dombeyi*), Raulí (*Nothofagus alpina*),

Lingue (*Persea lingue*), Olivillo (*Aextoxicum punctahrm*), Canelo (*Drimys winteri*), Laurel (*Laurelia sempervirens*), Mañío macho (*Podocarpus nubigena*) y Mañío de hojas cortas (*Saxegoihaea conspicua*). Las especies de la zona mesomórfica habitan áreas áridas con suelos delgados en laderas con exposición al norte, mientras que las de la zona higromórfica prefieren entornos húmedos, como quebradas, ríos, valles y laderas con exposición al sur. La vegetación arbustiva en general se compone de Pichi (*Fabiana imbricata*), Litre (*Lithraea cáustica*), Maqui (*Aristotelia chilensis*), Huingán (*Schinus polygamus*), Crucero (*Colletiaspp.*), Lingue (*Persea lingue*), Mayo (*Sophora macrocarpa*), Chin chin (*Azara microphylla*) y Canelo (*Drimyswinteri*), este último desarrollándose especialmente en lugares húmedos. En ocasiones, se pueden encontrar bosques con árboles como el Roble, Peumo (*Cryptocarya alba*), Avellano (*Gevuina avellana*) y Canelo, con matorrales de Romerillo (*Baccharis linearis*), Maqui, Chaura (*Gaultheria phillyreaefolia*) y otras especies.

El bosque bajo, de lugares secos, se caracteriza por la presencia de especies como Boldo (*Peumus boldus*), Quillay (*Quillaja saponaria*), Litre, Naranjillo (*Citronella mucronata*). Bajo estos árboles crecen numerosas especies herbáceas, con una destacada presencia de helechos.

Parques: A partir de los 36° de latitud sur, comienza la zona de Parques, que funciona como una región de transición entre las condiciones mediterráneas mesomórficas, de clima templado y seco, y la zona higromórfica o húmeda. En las zonas más elevadas de ambas cordilleras, se pueden encontrar bosques densos que comparten similitudes en cuanto a composición florística y apariencia con ciertos bosques de la "selva valdiviana". La vegetación boscosa se caracteriza por especies como el Roble (*Nothofagus obliqua*), Coigüe (*Nothofagus dombeyi*), Canelo (*Drimyswinteri*), Peumo (*Cryptocarya alba*), Avellano (*Gevuina avellana*) y Olivillo (*Aextoxicrtm punctatum*), acompañados de arbustos como Mayo (*Sophora macrocarpa*), Corcolén (*Arara derrtata*), Maqui (*Aristotelia chilensis*) y Quila (*Chusquea quila*), y la presencia ocasional de lianas como el Copihue (*Lapageria rosea*). Las áreas más húmedas se distinguen por contar con varias especies de la familia de las Mirtáceas, así como el Canelo, Olivillo, Chin Chin, Chilca y una abundante presencia de Quila y enredaderas. En ambas variedades de bosque, el estrato herbáceo está compuesto Capachitos (*Calceolaria spp.*), Pimpinela (*Acaena spp.*), orquídeas, helechos y musgos.

Bosque de Araucaria: Estos bosques se encuentran en la Cordillera de Nahuelbuta a partir de los 37° 30' de latitud sur y en la Cordillera de los Andes a partir de los 37° 40' de latitud sur. Se trata de un entorno forestal abierto y excepcional, con una composición predominantemente compuesta de araucarias en las altitudes. A altitudes más bajas, que oscilan entre los 1,000 y 1,500 metros sobre el nivel del mar, el bosque de araucarias se mezcla con especies como Lengua (*Nothofagus alpina*), Ñirre (*Nothofagus antarctica*), Racoma (*Maytemrs disticha*), Canelo enano (*Drimys winteri var andina*), Pillo-pillo (*Ovidia pillo pillo*) y Notro Arbustivo (*Embothrium coccineum*) y otras. El sotobosque generalmente está compuesto por matorrales que incluyen Calafate (*Berberis linearifolia*), Michay (*Berberis darwinii*), Chilco de Magallanes (*Fuchsia magellanica*), quila, entre otras especies.

1.5. Fauna

De acuerdo al Plan de manejo de la Reserva Ñuble de CONAF (1997), se observan las especies típicas de la zona central-sur del país, pero la constante expansión del territorio humano y su búsqueda incansable de recursos naturales han llevado a la fauna a refugiarse en áreas cada vez más remotas y aisladas. Entre los mamíferos que se pueden mencionar se encuentran el Culpeo (*Lycalopex culpaeus*), la Chilla (*Canis griseus*) y el Coipo (*Myocastor coypus*). También se encuentran presentes el Quique (*Galictis cuja*), el Puma (*Puma concolor*) y el Pudú (*Pudú puda*). Estas especies habitan en la región, pero se clasifican como vulnerables a la extinción. En peligro de extinción se encuentran la Vizcacha (*Lagidium viscacia*), el Gato colocolo (*Felis colocola*), la Guiña (*Felis guigna*) y el Huemul (*Hippocamelus bisulcus*). El Guanaco (*Lama guanicoe*) y el Huillín (*Lutra provocax*) son especies que se han extinguido en la región.

En cuanto a las aves, se pueden mencionar el Zorzal (*Turdus falklandii*), la Loica (*Sturrella loyca*), el Jilguero (*Zorothrichia capensis*) y el Cóndor (*Vultur gryphus*). Especies como la Becacina (*Gallinago gallinago*), la Torcaza (*Columba araucana*) y la Bandurria (*Theristicus caudatus*) se consideran vulnerables a la extinción, mientras que en peligro de extinción en la región se encuentran el Choroy (*Enicognathus leptorhynchus*), el Cuervo de Pantano (*Plegadis chihi*) y el Carpintero Negro (*Campephilus magellanicus*), entre otros.

2. CONCEPTOS TEÓRICOS DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO.

2.1. Conceptos generales

El estudio del patrimonio geológico y de la geodiversidad son partes importantes del patrimonio natural, y constituyen una de las más novedosas líneas de investigación geológica, por lo que muchas personas, incluyendo profesionales del área Ciencias de la Tierra, desconocen la terminología usada en esta rama, por lo que se definirán y destacarán algunos términos para así entender a cabalidad el desarrollo del presente trabajo. Los autores más ampliamente citados son el profesional español Luis Carcavilla, junto al portugués José Brilha, además de otros exponentes nacionales como los geólogos Manuel Schilling, Francisco Hervé, Reynaldo Charrier, Millarca Valenzuela, Mauricio Calderón, Amaro Mourgues y Marcelo Solari, entre otros. A continuación, se presentan las definiciones de los principales conceptos utilizados en la literatura especializada en torno al patrimonio geológico.

2.2. Patrimonio geológico

Existen numerosas definiciones de patrimonio geológico. La definición habitual de patrimonio geológico es “el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente, y d) el origen y evolución de la vida” (Del Ramo et al., 2004), redactada por la Junta Directiva de la Comisión de Patrimonio Geológico en el VI Congreso Geológico de España en Zaragoza en 2004.

El estudio del patrimonio geológico tiene como objetivo identificar, valorar, conservar y divulgar aquellos lugares que posean un elevado valor, en este caso en relación con las Ciencias de la Tierra. Sólo atendiendo a estos cuatro objetivos se podrá hablar de una gestión integral del patrimonio geológico (Carcavilla et al., 2007).

2.3. Geodiversidad

La geodiversidad, equivalente abiótico de la biodiversidad, se define generalmente como "la gama natural (diversidad) de características geológicas (rocas, minerales, fósiles), geomorfológicas

(formas del terreno, topografía, procesos físicos), edáficas e hidrológicas", incluidos "sus conjuntos, estructuras, sistemas y contribuciones a los paisajes" (Gray 2013).

La geodiversidad es una propiedad intrínseca del territorio y un importante atributo que describe el interés geológico que existe en una determinada región, cuyo estudio se limita a analizar aspectos estrictamente geológicos, y es un atributo exclusivamente geológico, a pesar de su relación con otros aspectos (Carcavilla et al., 2007).

2.4. Geositio

El término geositio se asigna a: "aquellas manifestaciones geológicas o geomorfológicas, terrenos o paisajes que aportan una información indispensable por su contribución para el entendimiento de la historia geológica de un país, región o continente, o procesos de carácter global" (Wimbledon et al., 2000). Esta definición se enmarca dentro del proyecto internacional Global Geosites Working Group (GGWG), que pretende seleccionar un listado internacional de los lugares más importantes para la geología.

Brilha en (2005), lo define como un sitio que puede presentar uno o más elementos de la geodiversidad, bien delimitado geográficamente y que presenta un valor singular desde un punto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico, u otro. Sin embargo, este mismo autor en 2016, redefine el concepto, considerando aquellos lugares que tienen valor científico excepcional independiente de si tienen o no otros valores de uso, como didáctico o turístico.

La importancia de los geositios radica en que deben ser conservados para generaciones futuras y deben ser protegidos de aquellos impactos que les perjudiquen sus contenidos o futura evolución natural (Carcavilla et al., 2007).

2.5. Sitio de geodiversidad

Los sitios de geodiversidad definidos por Brilha (2016), se refieren al conjunto de elementos de la geodiversidad que se encuentran in situ y que, no teniendo un valor científico excepcional, son otros valores como educativo, cultural, paisajístico o recreativo los que ameritan su conservación. Si estos elementos se encuentran retirados de su lugar de origen (ex situ) serán simplemente "elementos de la geodiversidad".

2.6. Geoconservación

Sharples (1995) define geoconservación como “la conservación de la geodiversidad por sus valores intrínsecos, ecológicos y (geo)culturales”, para luego en Sharples (2002), definir la relación entre geoconservación, geodiversidad y patrimonio: “la geodiversidad es una propiedad que debe ser protegida, la geoconservación es el desafío de intentar conservarlo, y el patrimonio geológico son los ejemplos concretos de rasgos y procesos sobre los cuales se centran los esfuerzos de gestión para conservarlos”

En Carcavilla (2007), Braga (2002) y Villalobos (2001) definen geoconservación como “la corriente de pensamiento que aboga por poner en práctica políticas activas de conservación del patrimonio geológico y de la geodiversidad”, por lo que abarca no solo la preservación de elementos geológicos específicos, sino también la prevención, mitigación o corrección de los impactos que puedan sufrir. Cuando estos elementos están sujetos a procesos geológicos activos, la geoconservación busca mantener el ritmo natural de estos procesos y permitir su desarrollo. Además, la magnitud de los posibles impactos y la vulnerabilidad de los elementos geológicos varían ampliamente, lo que significa que la geoconservación puede requerir tanto enfoques avanzados y complejos como normas simples de comportamiento por parte de los visitantes. Es importante destacar que la conservación no es responsabilidad exclusiva de los administradores y líderes políticos; los ciudadanos, tanto individualmente como en grupos, desempeñan un papel fundamental en este proceso. La educación y la sensibilización desempeñan un papel crucial en la conservación.

2.7. Geoturismo

El geoturismo, desde el enfoque geológico, debe “facilitar el entendimiento y proporcionar servicios para que los turistas adquieran conocimientos de la geología de un lugar, más allá de como meros espectadores” (Hose, 2006), lo que quiere decir que no se considera geoturismo el simple hecho de que el público acuda a visitar un lugar con interés geológico, sino que es necesario que se le proporcione información para que entienda su significado, origen e importancia. Así que el geoturismo se centra en mostrar el patrimonio geológico de un territorio y en proporcionar recursos para que el visitante lo entienda, garantizando la conservación del lugar. Esto significa que geoturismo, patrimonio geológico, geoconservación y divulgación (e interpretación) están estrechamente relacionados. Pero, además, y como se ha comentado, es necesario asumir que el

geoturismo puede ser un importante recurso para el desarrollo local, generalmente en el medio rural, que es donde suele encontrarse el patrimonio geológico. Algunos lugares de interés geológico no sólo son importantes en el ámbito local, sino que llegan a alcanzar tal relevancia que se convierten en piezas clave de la economía de un entorno más amplio (Carcavilla et al. 2011).

2.8. Geoparque

Un geoparque es un área que se distingue por su valioso patrimonio geológico y tiene como objetivo impulsar un proyecto de desarrollo centrado en la promoción del turismo, respaldado por objetivos económicos y de desarrollo claros, donde la principal finalidad es proteger este patrimonio geológico y fomentar un desarrollo sostenible en las regiones europeas donde se establecen. La red de geoparques se basa en seis principios fundamentales: la definición de límites geográficos adecuados y suficiente superficie para permitir un auténtico progreso económico; la presencia de un valioso patrimonio geológico, preferiblemente con conexiones a otros tipos de patrimonio, como el cultural, histórico o natural; un compromiso activo en el desarrollo económico de la zona relacionada con el patrimonio geológico y el geoturismo; un impacto directo en la vida de la población local y en la revitalización de su patrimonio; la implementación de medidas de conservación geológica; y la participación activa en una red de desarrollo y cooperación, manteniendo relaciones con otros geoparques que compartan objetivos comunes (Carcavilla et al., 2007).

3. ANTECEDENTES DE PATRIMONIO GEOLÓGICO.

3.1. Referencias Internacionales y Nacionales

Varios organismos y acuerdos a nivel internacional respaldan y fomentan la apreciación y la preservación del patrimonio geológico como una parte esencial e indivisible del patrimonio natural. Estas son la Convención para la Protección del Patrimonio Mundial de la Humanidad, en la Conferencia General de la UNESCO en el año 1972 (UNESCO, 1972), el proyecto Global Geosites, que fue respaldado por la Unión Internacional de las Ciencias de la Tierra (IUGS) con el propósito de identificar geositos de importancia a nivel mundial (Wimbledon et al., 2000).

En 1988 se llevó a cabo la “Primera Reunión Internacional de Geoconservación”, en la que temas como la selección, clasificación y gestión de sitios de interés geológico fueron puntos cruciales de debate y análisis. (Carcavilla et al., 2007).

En 1995, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), con el respaldo de la UNESCO, opta por iniciar la elaboración de un registro mundial de geositos. Esta decisión conlleva la formación del Grupo de Trabajo de Geositos Globales (GGWG), y las pautas y enfoques de trabajo se definen en el Segundo Simposio Internacional de Conservación del Patrimonio Geológico que se celebró en Roma en 1996 (Wimbledon et al., 2000)

En 1999, la UNESCO funda la Red Global de Geoparques, la cual fomenta la cooperación e intercambio de experiencias en relación al geoturismo, a la educación en ciencias de la Tierra y medioambientales, y a la geoconservación, con miras a la salvaguarda y la ordenación de zonas que presentan características geológicas especiales.

También se han promovido esfuerzos desde las comunidades en América Latina, y un hito importante ocurrió en noviembre de 2010 con la realización de la primera Conferencia Latinoamericana y Caribeña de Geoparques (LAC) en el Geoparque Araripe en Brasil. En esta conferencia, respaldada por la UNESCO, se redactó la Declaración de Araripe. En 2013, Uruguay se unió a la Red Global de Geoparques con su Geoparque Grutas del Palacio, convirtiéndose en el segundo país de Sudamérica en ser parte de esta red.

El 26 de mayo de 2017, se establece oficialmente la Red de Geoparques Mundiales de América Latina y el Caribe durante el IV Simposio Latinoamericano y del Caribe sobre Geoparques, celebrado en el Distrito de Achoma, Perú. A los geoparques que ya existían en la región se unieron

Comarca Minera (México) y Mixteca Alta (México). La UNESCO, en colaboración con sus 195 estados miembros, confirmó la designación de "Geoparques Mundiales de la UNESCO" el 17 de noviembre de 2015. En conjunto con los sitios del Patrimonio Mundial y las Reservas de la Biosfera, los Geoparques Mundiales de la UNESCO representan un conjunto completo de herramientas para el desarrollo sostenible y contribuyen al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el año 2030. (www.unesco.org).

En las últimas dos décadas, en Chile, se ha identificado una amplia variedad de lugares de interés para la geoconservación a diferentes escalas y con diversos enfoques de estudio. En 1994, como parte de un acuerdo de cooperación técnica entre SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile) y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Hannover (BGR) en Alemania, se implementó un proyecto con el propósito de recopilar información geoambiental que pudiera beneficiar a las entidades gubernamentales y a la comunidad en general (Antinao et al., 2000; Pérez et al., 2003; Arenas et al., 2005; SERNAGEOMIN, 2009, en Mourgues et al., 2016). Otros registros corresponden a inventarios de geositos en parques nacionales (Fernández, 2007; Martínez, 2010; Mardones, 2012; Urresty, 2011), en otras áreas naturales (Ramírez, 2012; Partarrieu, 2013; Benado, 2013; Rivera, 2014; Donoso, 2017; Urrutia, 2018), y en el entorno de un área urbana (Rodríguez, 2013). En 2008, la Sociedad Geológica de Chile estableció el Grupo de Especialistas en Geopatrimonio, cuyo propósito es llevar a cabo el Programa de Detección y Establecimiento de Geositos en Chile. El objetivo principal de este programa es concienciar a la comunidad sobre la importancia del patrimonio geológico y, al mismo tiempo, fomentar su conservación, investigación y un enfoque sostenible en su uso para actividades turísticas y educativas. (Calderón et al., 2009; Hervé et al., 2012, en Mourgues et al., 2016).

En cuanto a los esfuerzos de las instituciones gubernamentales para caracterizar, registrar y gestionar la protección del patrimonio geológico, se observa una falta de coordinación y fragmentación entre ellas. Por ejemplo, la gestión de bienes y lugares designados como Monumento Nacional recae en el Consejo de Monumentos Nacionales, mientras que los Santuarios de la Naturaleza son responsabilidad del Ministerio de Medio Ambiente, y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas Silvestres del Estado (SNASPE) está a cargo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

La única forma de protección legal que se brinda al geopatrimonio, aunque de manera indirecta, es a través del Consejo de Monumentos Nacionales (CMN), un organismo encargado de preservar tanto el patrimonio cultural como el natural. La Ley N° 17.288, en su Artículo 31, establece que el Ministerio de Medio Ambiente es responsable de proteger los bienes muebles o inmuebles que, debido a sus características y valores, son reconocidos y quedan bajo la protección del Estado de Chile en cinco categorías: Monumentos Públicos, Monumentos Históricos, Santuarios de la Naturaleza, Zonas Típicas y Monumentos Arqueológicos y/o Paleontológicos.

3.2. Programa de detección y establecimiento de geositos

Esta iniciativa, llevada a cabo desde 2007 por la Sociedad Geológica de Chile (SGCH), surge en respuesta a la necesidad nacional de identificar y reconocer el geopatrimonio presente en Chile. El objetivo principal es elaborar un inventario de geositos propuestos por la propia comunidad geológica del país, que se pueden nominar completando un formulario que está disponible en su sitio web, que cuenta con 84 geositos ya catastrados en el territorio nacional. Estos geositos son lugares que poseen un valor significativo en términos geológicos, mineralógicos, paleontológicos, estructurales, petrológicos, paisajísticos, geomorfológicos, entre otros. La finalidad de este proceso de registro es garantizar la identificación y posterior conservación de estos sitios, al mismo tiempo que contribuye a la difusión de los aspectos valiosos de la ciencia geológica. Esto asegura la preservación del geopatrimonio para las generaciones futuras.

El proyecto Global Geosites de la IUGS y la UNESCO, con la finalidad de realizar la identificación de los sitios de interés geológico más relevantes y representativos en diversos contextos, considera la definición de los contextos geológicos principales para cada país (Wimbledon et al., 2000). Es así como profesionales del área proponen de manera preliminar 22 Contextos Geológicos, los que representan los eventos más relevantes de la evolución geológica de nuestro país (Morgues et al., 2012, Anexo I).

3.3. Consejo de Monumentos Nacionales y los Santuarios de la Naturaleza

Se estima que la única entidad que se acerca a la posibilidad de establecer algún nivel de protección para el patrimonio geológico es el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN). Este organismo tiene la responsabilidad de preservar y cuidar el patrimonio cultural y natural de carácter nacional, que incluye Monumentos Históricos (tanto muebles como inmuebles), Zonas Típicas y Santuarios de la Naturaleza. El CMN opera bajo la jurisdicción del Ministerio de Educación de Chile.

En el “Título VII, De los Santuarios de la Naturaleza e investigaciones científicas”, Artículo 31° de la Ley N° 17.288, establece que “Son santuarios de la naturaleza todos aquellos sitios terrestres o marinos que ofrezcan posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado”.

En la Nomenclatura de Monumentos Nacionales se encuentran Santuarios de la Naturaleza con una subcategoría de tipo Geológica, Geomorfológica / Paisajística o Paleontológica.

3.4. Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) y Servicio de Biodiversidad de Áreas Protegidas (SBAP)

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas Silvestres del Estado (SNASPE) abarca una parte significativa de los entornos silvestres, tanto terrestres como acuáticos, que el Estado se encarga de proteger y gestionar para su conservación. Este sistema se divide en tres categorías de gestión: Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales. Históricamente, la administración del SNASPE estuvo a cargo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), una entidad dependiente del Ministerio de Agricultura. Sin embargo, en junio de 2014, la presidenta de la República aprobó la creación del Servicio de Biodiversidad de Áreas Protegidas (SBAP), que asumió la responsabilidad de administrar el SNASPE. Este nuevo servicio opera bajo la supervisión del Ministerio del Medio Ambiente y tiene diversas funciones, que incluyen la elaboración de planes de manejo para las áreas protegidas, la implementación de políticas y estudios relacionados con la conservación de la biodiversidad, y la supervisión de actividades como la pesca y la acuicultura, la caza, la pesca recreativa, la gestión de bosques nativos y el fomento forestal en las áreas protegidas.

Es relevante destacar que durante el II Simposio de Geoparque y Geoturismo que tuvo lugar en Santiago en noviembre de 2014, se abordó la importancia de establecer un Servicio (o Departamento) Nacional de Geodiversidad. Este servicio estaría bajo la supervisión del Ministerio del Medio Ambiente y se encargaría de salvaguardar el Patrimonio Geológico Nacional, asegurando su identificación, protección y divulgación. El propósito de esta iniciativa es incorporar en la legislación conceptos como Geodiversidad, Patrimonio Geológico, Geositio, Georuta, Geoparque, Geopatrimonio, entre otros. Se sugiere, asimismo, que, dentro de la estructura del Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas asuma la

responsabilidad de gestionar de manera sostenible el Patrimonio Natural Abiótico y encabezar iniciativas y políticas nacionales orientadas a la geoconservación.

3.5. Reservas de la Biósferas: El caso del Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja

La Red Mundial de Reservas de Biósfera cuenta con un total de 669 nominaciones distribuidas en 120 países. De estas, 10 nominaciones corresponden a Reservas de la Biósfera en Chile. Estas designaciones se refieren a áreas de gran importancia para la humanidad en lo que respecta a la conservación y protección de ecosistemas. Además, cada reserva de la Biósfera debe contener tres zonas:

- a) Zona Núcleo: Esta área está destinada a la preservación a largo plazo del ecosistema y, en el caso de Chile, corresponde a regiones protegidas por un decreto gubernamental.
- b) Zona de Amortiguamiento: Rodea las zonas núcleo y se designa para actividades que sean compatibles con prácticas ecológicas responsables, como la educación ambiental, el ecoturismo, la investigación y otras actividades de este tipo.
- c) Zona de Transición: En esta área se promueve la utilización sostenible de los recursos naturales. Puede abarcar diversas actividades, como la agricultura o la ocupación humana, y en ella, las comunidades locales, organismos de gestión, científicos, organizaciones no gubernamentales, el sector económico y otros interesados colaboran en la gestión y desarrollo sostenible de los recursos de la zona.

Los criterios para la designación de una reserva de la Biósfera están detallados en el "Marco Normativo de la Red Mundial de Reservas de la Biósfera". En términos generales, el propósito de estos territorios es, de manera similar a los Geoparques, alcanzar un equilibrio entre la preservación de la naturaleza y el progreso económico y social.

En el año 2011, la UNESCO otorgó el estatus de Reserva de la Biósfera al Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, una región andina ubicada en la región del Bío Bío, que abarca una extensión de 565,000 hectáreas. Esta área está destinada a la protección del bosque nativo, el hábitat del huemul, los recursos hídricos, el paisaje y el suelo. Se trata de un área de gran biodiversidad y una zona única de transición vegetal, que alberga a más de 40 especies endémicas. Su extensión va desde el río Ñuble al norte hasta el río Laja al sur, incluyendo 6 comunas de la región de Ñuble y 2 comunas de la región del Biobío. Se trata de una reserva birregional.

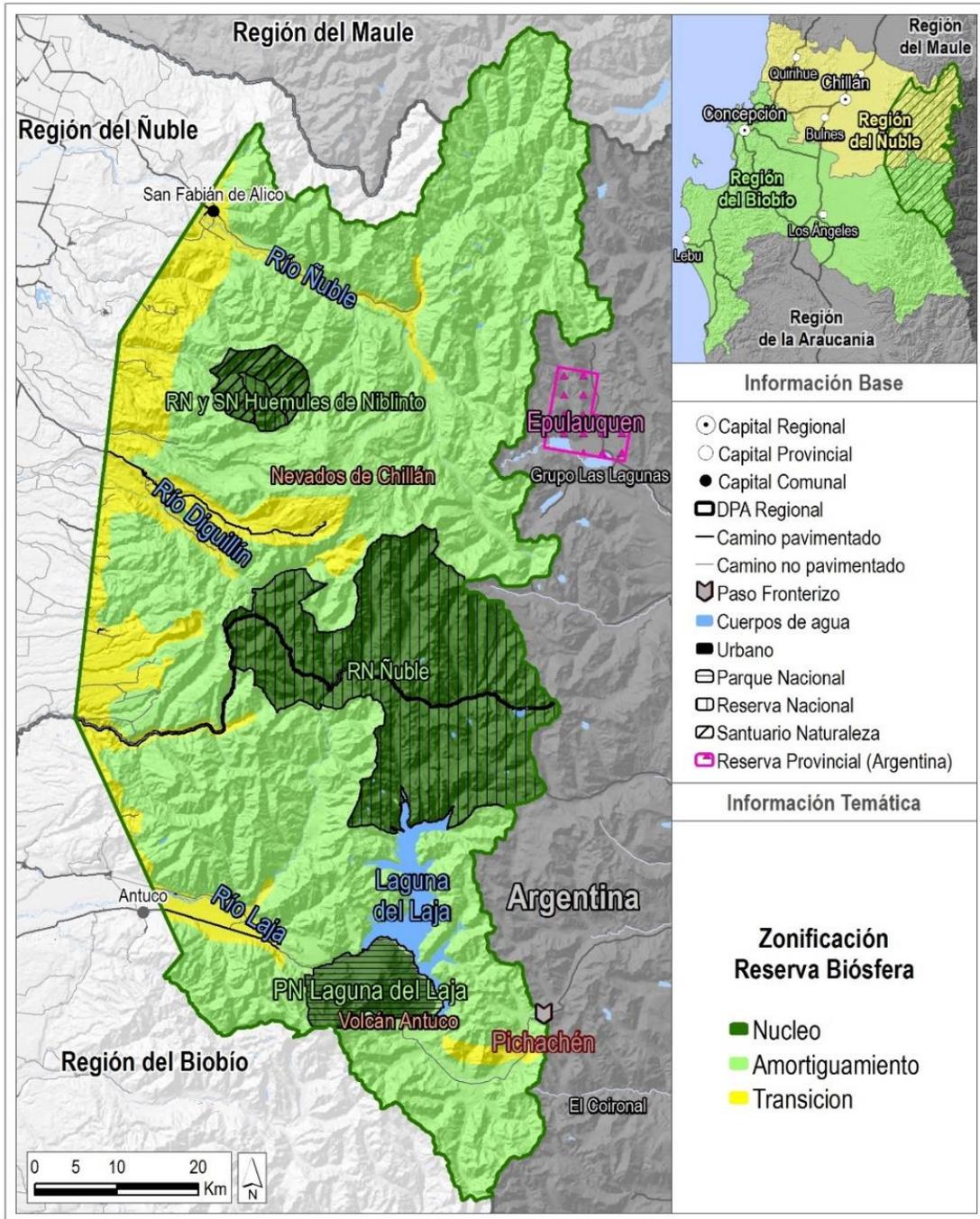


Figura 3.1 Reserva de la Biósfera “Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja”.

4. MARCO GEOLÓGICO.

4.1. Geología del área de estudio.

El área de estudio se localiza en la Cordillera de Los Andes entre las coordenadas 26°48' - 30°73' Latitud Sur y 58°84' - 59°35' Longitud Oeste. Esta sección de la Cordillera Principal se distingue por la exposición de rocas volcánicas y/o sedimentarias, cuyas edades abarcan desde el Oligoceno hasta el Cuaternario. Estas rocas coexisten con intrusiones de rocas ígneas emplazadas en el Mioceno. Las unidades geológicas más antiguas corresponden a la Formación Cura-Mallín, que tiene una antigüedad que oscila entre el Oligoceno superior y el Mioceno superior. Esta formación se caracteriza por la presencia de litologías de origen volcánico y sedimentario y fue intruida por el Batolito Santa Gertrudis-Bullileo durante el Mioceno. Tanto la Formación Cura-Mallín como el Batolito Santa Gertrudis-Bullileo están cubiertos por la Formación Cola de Zorro, que tiene un carácter volcánico y cuyas edades se ubican entre el Plioceno superior y el Pleistoceno. La acción de agentes exógenos en estas unidades ha dado lugar a un paisaje glacial en el que predominan valles, sierras y cordones montañosos, acompañados de lagunas de montaña. Además, se encuentran depósitos cuaternarios, muchos de los cuales se encuentran en activo desarrollo, y presentan características fluviales, coluviales, lacustres y fluvio-glaciares. A su vez, en esta área, se manifiesta el volcanismo activo de los Nevados de Chillán desde el Pleistoceno Medio, con evidencias de erupciones de lava y ceniza piroclástica.

4.1.1. Formación Cura-Mallín (Oligoceno tardío-Mioceno medio)

La Formación Cura-Mallín fue definida por González & Vergara (1962), según el estero homónimo ubicado en la Hoja Laguna de la Laja, entre las latitudes 37° y 38° S, como una sucesión subhorizontal de rocas piroclásticas, sedimentitas clásticas y coladas de lavas subordinadas de composición intermedia, con un leve manteo al oeste. Posteriormente fue redefinida por Niemeyer & Muñoz (1983) al no encontrar evidencia de una discontinuidad entre la Formación Cura – Mallín y la Formación Malla – Malla, redefiniéndola en dos miembros de una misma formación. Luego fue extendida hacia el sur por Suárez & Emparan (1997).

Según Niemeyer & Muñoz. (1983), está compuesta por dos miembros concordantes y transicionales entre sí; uno inferior volcánoclastico, denominado Miembro Río Queuco, constituido por tobas brechosas, finas y arenosas, con intercalaciones de conglomerados, areniscas y subordinadamente andesitas. La excelente estratificación, acentuada por la alternancia de bancos

tobáceos de colores pardo-verdosos, blanco, morado, verde, rosado y gris claro son sus rasgos más reconocibles. Las tobas de este miembro representan una intensa actividad volcánica de carácter ácido a intermedio.

El miembro superior sedimentario, Miembro Malla-Malla, compuesto por areniscas, areniscas conglomerádicas, conglomerados y lutitas, además de fangolitas, areniscas, calizas y algunos horizontes carbonosos depositados en un régimen lacustre. Este último, casi inexistente hacia el norte, se desarrolla gradualmente hacia el sur de la subcuenca donde alcanza un espesor de 500 m (Carpinelli, 2000; Niemeyer & Muñoz, 1983; Suárez & Emparan, 1995; Jordan et al. 2001; Radic et al. 2002). Las características del Miembro Malla-Malla, sugieren una depositación en ambiente fluvial pedemontano, carente de oxidación. Este ambiente fluvial y la presencia de intercalaciones de niveles calcáreos con ostracodos se relaciona, parcialmente, con un ambiente lacustre, y la presencia de mantos carbonosos y de bitumen sugiere condiciones de depositación en aguas estancadas (Niemeyer & Muñoz, 1983).

Las edades disponibles, que fluctúan entre los 24,6 - 14,5 Ma sugieren que la depositación de la Formación Cura-Mallín en la subcuenca norte habría terminado antes que en la sur (~22 - 10,7 Ma). Por lo que actualmente se le asigna un rango Oligoceno tardío-Mioceno medio (Suárez & Emparan, 1997; Carpinelli, 2000; Jordan et al., 2001; Radic et al., 2002; Flynn et al., 2008; Charrier et al., 2015)

4.1.2. Batolito Santa Gertrudis – Bullileo (Mioceno)

Corresponde a un complejo plutónico con dimensiones de batolito que incluye diversas facies, siendo predominantes, en las cercanías del CVNCh, monzodioritas cuarcíferas, con filones tardimagmáticos graníticos y facies granodioríticas subordinadas. Las texturas son principalmente faneríticas, equigranulares de colores blanquecinos. Estas rocas se emplazan intruyendo a la Formación Cura-Mallín y al norte del complejo volcánico, están recubiertas por capas de lava y materiales piroclásticos de la Formación Cola de Zorro, lo que se evidencia mediante una discordancia de erosión. Dataciones radiométricas de K-Ar proporcionan un intervalo de edades entre 5,8 – 17,2 Ma. (Muñoz y Niemeyer, 1984).

4.1.3. Formación Cola de Zorro (Plioceno - Pleistoceno inferior)

Según González y Vergara (1962), la Formación Cola de Zorro, que se encuentra en la quebrada con el mismo nombre, se describe como una secuencia volcánica que carece de fósiles, con una

gran área y muestra una estratificación mayormente horizontal o subhorizontal. Estas rocas tienen una amplia distribución en la alta cordillera, desde los 36° hasta los 39° de latitud sur, y representan un tipo de volcanismo de plataforma. Forman paquetes de capas bien estratificadas que están interrumpidas por los valles glaciares y fluviales que existen en la actualidad, y en las laderas de estos valles, crean acantilados pronunciados. Además, estas rocas están conectadas lateralmente con centros volcánicos del Plioceno-Pleistoceno que han sido erosionados, como el Cerro Campanario, ubicado a 35°55' de latitud sur, y Sierra Velluda (Vergara & Muñoz, 1982).

En la Hoja Laguna del Laja, está integrada por una secuencia de andesitas de clino y ortopiroxeno, andesitas basálticas de olivino y en menor cantidad, de basaltos de olivino con colores gris a pardo oscuro, con participación importante de aglomerados volcánicos, grises, pardos y pardo amarillentos (Niemeyer & Muñoz, 1983).

El rango de edad para esta formación va del Plioceno al Pleistoceno inferior (5.6 ± 0.1 a 1.0 ± 0.1 Ma, K-Ar/roca total; Niemeyer y Muñoz, 1983; Suárez & Emparán, 1997; Linares et al., 1999 en Melnick et al., 2006).

4.1.4. Complejo Volcánico Nevados de Chillán (Pleistoceno Medio – Holoceno)

Acorde a Naranjo et al. (2008) el Complejo Volcánico Nevados de Chillán (CVNCh) se encuentra en la cordillera andina de la Región del Biobío y está compuesto por una alineación de 13 estratovolcanes que se extienden con orientación NO – SE. El Complejo Volcánico Ancestral habría comenzado su actividad desde hace 650 Ka, con extensas coladas de lavas andesíticas subglaciales y continuó durante el Pleistoceno Medio con variados pulsos efusivos andesíticos de gran magnitud, subaéreos y subglaciales, principalmente al oeste. Hacia el Pleistoceno Superior (~100- 60 Ka.), la estructura del complejo se extendió por vastas zonas con numerosos centros de emisión, probablemente en sectores que anteriormente eran ocupados por un potente glaciar. Asociadas a la generación de calderas, hace ~40 Ka., fueron emitidas ignimbritas, evidencia de ello son los abruptos escarpes al noroeste, sur y este del complejo.

El Complejo Ancestral está definido entonces por cinco unidades: Lavas Los Pincheira (Pleistoceno Medio), Lavas Diguillín (Pleistoceno Medio), Lavas Atacalco (Pleistoceno Medio – Superior), Lavas Lanalhue (Pleistoceno Superior) e Ignimbritas El Castillo (Pleistoceno Superior). Estas unidades consisten en grandes acumulaciones de lavas y depósitos de ignimbritas que se depositaron en profundos valles glaciares. En general, la mayoría de las lavas ancestrales muestran

un marcado diaclasamiento columnar debido al proceso de enfriamiento en contacto con el hielo. Hacia fines del Pleistoceno Superior, habrían evolucionado separadamente dos subcomplejos; Cerro Blanco al NO y Las Termas al SE, distantes 6 km. Cerro Blanco se caracteriza por una geoquímica andesítica y dacítica, mientras el subcomplejo Las Termas es de carácter predominantemente dacítico (Naranjo et al., 2008).

El Subcomplejo Cerro Blanco lo componen las Lavas Orientales (Pleistoceno Superior alto), Volcán Colcura (Pleistoceno Superior alto – Holoceno), Volcán Kalfu (Holoceno), Volcán Pichikalfu (Holoceno), Volcán Baños (Holoceno), Volcán Gato (Holoceno), Volcán Cerro Blanco (Holoceno) y Volcán Santa Gertrudis (Holoceno). Debido a su gran acumulación de hielo y nieve, el Subcomplejo Cerro Blanco es el que presenta el mayor riesgo volcánico de lahares. Ejemplo de lo anterior fue la erupción del periodo 1861 – 1865, desde donde el cono Santa Gertrudis escurrió gran cantidad de lava, junto a piroclastos de caída, cenizas asociadas y lahares que se desplazaron a través de los cauces del Río Ñuble, Chillán y el estero Renegado (Naranjo et al., 2008).

El Subcomplejo Las Termas está representado por las Lavas del Sur (Pleistoceno Superior alto), Lavas Larqui (Pleistoceno Superior alto), Lavas Aguas Calientes (Pleistoceno Superior alto), Volcán Democrático (Holoceno), Volcán Viejo (Holoceno), Volcán Chillán (Holoceno), Volcán Shangri-Lá (Holoceno), Volcán Pata de Perro (Holoceno), Volcán Nuevo (1906 – 1948 d.C.), Volcán Arrau (1973 – 1986 d.C.) y el Cráter Chudcún (2003 d.C.) (Naranjo et al., 2008).

4.1.5. Depósitos Morrénicos Indiferenciados (Pleistoceno Superior-Reciente)

Se refieren a acumulaciones de materiales compuestos principalmente por limo, arena, bloques y bolones de materiales volcánicos. Estos depósitos tienen un espesor que varía entre 10 a 30 metros y se formaron en las áreas alrededor de las antiguas lenguas glaciales. Están ubicados al oeste del Subcomplejo Cerro Blanco, donde se apilan contra un acantilado tallado en las lavas Lanalhue. La evidencia sugiere que estos depósitos se formaron antes de la creación del volcán Cerro Blanco. En contraste, las morrenas que se encuentran al suroeste de este subcomplejo parecen ser más recientes y contienen características relacionadas con el glaciar actual en retroceso. (Naranjo et al., 2008).

4.1.6. Depósitos de Deslizamiento Indiferenciados (Pleistoceno Superior-Reciente)

Estos deslizamientos se pueden identificar principalmente en dos áreas geográficas, en las partes superiores de los filos que separan el río Diguillín del estero Renegado y en las laderas del sur de

los volcanes Viejo y Chillán, se observan como cicatrices de deslizamientos en escarpes con superficies irregulares, lo que sugiere la presencia de rocas de tamaños métricos y diamétricos de la Formación Cura-Mallín. Estas cicatrices podrían haberse originado como consecuencia del colapso de grietas causadas por la liberación de presión producto de la evacuación de los valles aludidos en el Pleistoceno Medio a Superior. Los deslizamientos más recientes se creen originados por la debilitación de pendientes producto de la retirada de los glaciares modernos en esta área, lo que resultó en la formación de cicatrices y depósitos deslizados (Rivera, 2014).

4.1.7. Depósitos Piroclásticos Indiferenciados (Pleistoceno Superior-Reciente)

Los depósitos piroclásticos de caída se localizan principalmente al este del Complejo Volcánico Nevados de Chillán (CVNCh), debido a la dirección predominante del viento en la región. Esta secuencia incluye 4 niveles de pómez, sobre las cuales se pueden identificar niveles de cenizas ricas en fragmentos líticos, juveniles y accidentales. Estos niveles se interpretan como productos de erupciones subplinianas y vulcanianas, con edades que oscilan entre aproximadamente 9 y 5,5 ka, según lo indican las dataciones ^{14}C (Dixon et al., 1999). En los valles situados al oeste del complejo volcánico, se encuentran afloramientos aislados de flujos piroclásticos, aunque no se han identificado facies proximales relacionadas. Estos depósitos consisten en cenizas meteorizadas que contienen fragmentos de lapilli de escoria o pómez, que están parcialmente redondeados, con la presencia de escasos líticos y carbón, con edades que varían entre 2.270 ± 70 y 3.460 ± 60 años. (Naranjo et al., 2008).

4.1.8. Depósitos Laháricos (Pleistoceno Superior-Reciente)

Los restos de estos depósitos se encuentran en la mayoría de los valles que drenan el Complejo Volcánico Nevados de Chillán (CVNCh). Están presentes en terrazas que han sido cortadas por cursos de agua actuales. Estas secuencias muestran facies que cubren y nivelan la superficie de las lavas más antiguas. Los materiales primarios de estos depósitos provienen de los depósitos morrénicos que se desplazaron desde áreas con pendientes elevadas, y productos originados durante la erupción que los generó. (Rivera, 2014)

4.1.9. Depósitos Coluviales, Depósitos Aluviales y Abanicos Aluviales (Pleistoceno Superior-Reciente)

Los depósitos coluviales se presentan como acumulaciones clastosoportadas, de mala selección, compuestas por gravas y bloques, generados por el colapso gravitacional de taludes en condiciones

inestables. En épocas de lluvias torrenciales, estos materiales se acumulan como depósitos aluviales que contienen gravas, arenas y barro. En los flancos que rodean el Complejo Volcánico Nevados de Chillán (CVNCh), estos depósitos se presentan como pequeños abanicos, que se forman principalmente debido a la remoción de depósitos piroclásticos, y ocasionalmente incluyen materiales de los taludes del basamento rocoso subyacentes. (Rivera, 2014)

4.2. Contextos Geológicos Regionales

A nivel internacional organismos como la UNESCO y la IUGS (Unión Internacional de Ciencias Geológicas) proponen que cada país defina los principales Contextos Geológicos de cada territorio, con la finalidad de establecer un amplio y completo inventario sobre los lugares de interés geológico nacionales. En base a lo anterior Morgues et al. (2012) proponen 22 Contextos Geológicos Chilenos de relevancia internacional (Anexo I). Entre los contextos definidos por los autores, son 4 los representados en el área de estudio:

- **Magmatismo y vulcanismo Cenozoico (MgVCz):** Agrupa los intrusivos como las Torres del Paine, la tonalita orbicular de Caldera, Sill de Punta Lobos (Geositio SGCh). Representado por los diversos intrusivos que afloran en la Cordillera de Polcura o Saltos de Malalcura.
- **Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ):** Reúne los procesos, productos y morfologías asociados a los volcanes del Cuaternario. Destacan las morfologías generadas por el Complejo Volcánico Nevados de Chillan, así como las rocas de la Formación Cola de Zorro y fuentes termales Los Peucos.
- **Procesos, geofomas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI):** Se reconocen morrenas, lagunas cordilleranas, valles y estrías glaciares, entre otros.
- **Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ):** Abarca las diversas morfologías y productos de los valles y ríos observados, como quebradas, llanuras fluviales y terrazas fluviales.

5. METODOLOGÍA

5.1. Mapa Geológico Simplificado

Como base para la información de patrimonio geológico reconocido en el área, es necesario contar con un mapa geológico adaptado a los requerimientos de este tipo de estudios. Se genera un mapa geológico a escala 1:100.000, con las unidades geológicas del sector norte de la reserva, abarcando las comunas de San Fabián, Pinto, Coihueco y Yungay, utilizando el Software QGIS 3.22. Este mapa es basado en el mapa escala 1:250.000, realizado por Niemeyer & Muñoz (1983), y la Carta Geológica del CVNCh de escala 1:50.000 generada por Naranjo et al., (2008), junto con observaciones en terreno e interpretación de imágenes satelitales del Software Google Earth Pro y modelos de elevación digital (DEM). El trabajo en terreno consiste en una metodología de carácter geológico-regional, donde se visitan rutas ya recorridas asociadas al proyecto FIC "Gestión Ambiental Sustentable", de manera de reconocer las unidades geológicas que afloran, y la buscar geositos no reconocidos previamente en el sector.

En el caso del inventario general de la reserva, en el que se consideran los resultados de Rivera (2014), Donoso (2017) y Urrutia (2018), se utiliza el mapa geológico de la Geodatabase de la asignatura Geología Andina, con modificaciones basadas en observaciones de terreno y trabajos previamente mencionados en la reserva. De esta manera, el patrimonio geológico reconocido dentro de la reserva es caracterizado en un mapa general escala 1:150.000.

5.2. Valoración del Patrimonio Geológico

El enfoque metodológico se sustenta en la identificación, descripción, valoración y evaluación del patrimonio geológico en una zona específica. La elección de la metodología a emplear está condicionada por la escala y los objetivos propuestos de un estudio del patrimonio geológico. Esto conlleva la creación de un registro que incluya los sitios de interés geológico de mayor relevancia, en el área de estudio, siendo el primer paso la delimitación de este, para la posterior realización de un inventario de puntos de interés geológico.

Carcavilla et al. (2007) proponen la confección de listados o inventarios de los sitios de interés geológicos (SIGs) o geositos, siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Recopilación bibliográfica y documental,

- 2) Síntesis geológica previa,
- 3) Búsqueda e identificación de lugares de interés geológico
- 4) Clasificación, valoración y selección.

5.2.1. Identificación y Diagnóstico

Las tres primeras fases propuestas por Carcavilla et al. (2007) pueden agruparse en el proceso de “identificación y diagnóstico”. Esta fase fue realizada durante la práctica 2023, primero con una revisión bibliográfica considerando estudios relativos al geopatrimonio, geoturismo y a la valoración de geositos tanto de manera internacional como nacional para la valoración de geositos, específicamente en el Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja. Con respecto a la búsqueda de los lugares de interés geológico, se recorrieron rutas asociadas al proyecto FIC "Gestión Ambiental Sustentable", con el fin de agregar valor geopatrimonial aplicable a los sectores productivos, aumentando así las oportunidades de desarrollo y calidad de vida de las personas.

Para lograr una recopilación y organización entendible de la información generada, se integra una cartografía en un sistema de información geográfica (SIG) que facilitará las etapas posteriores, entre ellas la confección de los mapas geológico donde se indicarán con claridad la ubicación de los geositos.

Con la confección de una cartografía previa, se dio paso a las salidas a terreno con la finalidad de identificar y caracterizar los potenciales geositos. El principal trabajo realizado fue la identificación de afloramientos geológicos del área, realizándose tres campañas de terreno durante los meses de enero y febrero del año 2023.

Una vez identificados los potenciales geositos, se caracterizaron utilizando la ficha de evaluación cuantitativa generada por Partarrieu (2013), modificada durante los trabajos de Rivera (2014) y Urrutia (2018), para su posterior clasificación y cuantificación.

5.2.2. Clasificación, Valoración y Selección

Luego de identificar los potenciales SIGs, en terreno se clasifican utilizando la ficha de evaluación cuantitativa modificada por Urrutia (2018) propuesta por Partarrieu (2013), la cual permite clasificar los potenciales SIG's según tres categorías de uso (científico, didáctico o turístico-

recreativo), considerando una serie de parámetros a los que se les asigna un valor numérico que permite generar un inventario comparativo.

En el caso del presente estudio se utiliza la metodología usada por Rivera (2014), Donoso (2017) y Urrutia (2018), dado que así, se facilita la capacidad de cotejar los hallazgos derivados de las investigaciones llevadas a cabo dentro de la reserva, con el fin de elaborar una estrategia para la administración del patrimonio geológico que ha sido identificado.

Según Carcavilla et al. (2007) los tipos de sistemas de valoración del geopatrimonio puede ser:

- a) Por definición: se enumeran una serie de premisas de manera que se seleccionan los geositos que posean una cantidad de ellas. Algunas premisas para seleccionar pueden ser un espacio natural protegido, ser localidad tipo, estar entre los afloramientos más antiguos de la zona, etc. Este sistema es poco flexible y tiende a ser altamente subjetivo.
- b) Método Cualitativo: se basa en la selección de ciertos aspectos de los comentados con anterioridad, a los que se les asigna un valor en una escala cualitativa (bajo/medio/alto/muy alto/excepcional). El inconveniente es que estos aspectos no pueden ser sumados para asignar un valor global realista al geosito.
- c) Método Cualitativo – Cuantitativo: Similar al anterior, pero se le asigna un valor a cada rango de la escala cualitativa. De esta manera, el conjunto de parámetros puede ser sumado, cuidando de no sumar juntos los resultados obtenidos en la medida del valor intrínseco, potencialidad de uso y riesgo de degradación, ya que esto sólo mezclaría la información.
- d) Fórmulas numéricas: obtienen un valor numérico que permite comparar. Los diferentes aspectos incluidos en la fórmula pueden ser destacados o reducidos con la inclusión de coeficientes. Valoraciones hechas por diferentes equipos suelen dar valores similares.

La metodología de Urrutia (2018), contempla los cambios realizados por Rivera (2014) a la metodología de Partarrieu (2013), corresponde a un sistema de tipo cualitativo-cuantitativo de evaluación, contemplando 21 parámetros de valoración, a los cuales se le asigna un puntaje asociados a cada parámetro, los que son ponderados con el fin de obtener un puntaje final para 4 categorías definidas, las cuales son:

(1) Uso Científico (C)

(2) Uso Didáctico (D)

(3) Uso Turístico – Recreativo (TR)

(4) Riesgo de Degradación (RD)

La tabla cuantitativa toma en cuenta varios parámetros de evaluación para cada categoría, los cuales permiten calificar numéricamente los geositos al asignarles una puntuación basada en criterios específicos. Estos valores son ponderados según la Tabla 5.1.

La modificación principal introducida por Rivera (2014) en el sistema propuesto por Partarrieu (2013) se refiere a los valores asignados a cada parámetro. En su versión, opta por emplear números iguales o inferiores a 1, con el objetivo de obtener un valor porcentual al sumar los puntajes ponderados para cada categoría, mientras que los principales cambios realizados por Urrutia (2018) son pequeñas modificaciones de los criterios de algunos parámetros, para que se ajusten de mejor forma al contexto de la reserva.

Tabla 5.1. Criterios, valores y ponderaciones asociadas a cada uno de los parámetros según Categoría de Uso (C: Uso Científico, D: Uso Didáctico, TR: Uso Turístico-Recreativo, RD: Riesgo de Degradación).

Parámetros	Código	Criterio	Valor asociado				Ponderación %			
			C	D	TR	RD	C	D	TR	RD
1- Rareza	E	Sólo existe 1 ejemplo en la comuna	1	1	-	-	15	5	-	-
	D	Existen 2-3 ejemplos de la comuna	0.75	0.75	-	-				
	C	Existen 4-10 ejemplos en la comuna	0.5	0.5	-	-				
	B	Existen 11-20 ejemplos en la comuna	0.25	0.25	-	-				
	A	Existen más de 20 ejemplos en la comuna	0	0	-	-				
2- Representatividad	E	Mejor ejemplo representativo, en la comuna, de un contexto geológico, y representativo de otros.	1	1	-	-	25	5	-	-
	D	Mejor ejemplo representativo, en la comuna, de un solo contexto geológico	0.75	0.75	-	-				
	C	Representativo de más de un contexto geológico.	0.5	0.5	-	-				
	B	Representativo de un solo contexto geológico	0.25	0.25	-	-				
	A	Ninguna de las anteriores	0	0	-	-				
3- Grado de conocimiento científico	E	Citado en más de una tesis académica, capítulo de libro o artículos de revistas científicas	1	1	-	-	15	5	-	-
	D	Citado en tesis u otro tipo de publicación técnicocientífica	0.75	0.75	-	-				
	C	Citado en artículo de revista nacional	0.5	0.5	-	-				

	B	Citado en relatos técnicos, planes de manejo o bases de datos científicas	0.25	0.25	-	-				
	A	No existe alguna referencia sobre el geosítio	0	0	-	-				
4- Localidad Tipo o Centro de Emisión Volcánico	C	Reconocido como localidad tipo o Centro de Emisión Volcánico	1	-	-	-	20	-	-	-
	B	Reconocido como localidad tipo 'secundaria' o cercano al Centro de Emisión Volcánico	0.5	-	-	-				
	A	No es reconocido como localidad tipo, lejana al Centro de Emisión Volcánico	0	-	-	-				
5- Diversidad de elementos geológicos	E	Presenta más de 4 tipos de interés geológico	1	1	-	-	10	10	-	-
	D	Presenta 4 tipos de interés geológico	0.75	0.75	-	-				
	C	Presenta 3 tipos de interés geológico	0.5	0.5	-	-				
	B	Presenta 2 tipos de interés geológico	0.25	0.25	-	-				
	A	Presenta 1 tipos de interés geológico	0	0	-	-				
6- Estado de conservación	E	No hay daño visible, bien conservada	1	1	-	-	10	5	-	-
	D	Deterioro leve, pero aún mantiene las características geológicas esenciales	0.75	0.75	-	-				
	C	Dañado, pero preserva las características geológicas esenciales	0.5	0.5	-	-				
	B	Dañado como resultado de procesos naturales o antrópicos	0.25	0.25	-	-				
	A	Muy deteriorada como resultado de actividades humanas	0	0	-	-				
7- Condiciones de Observación	E	Óptimas, pueden ser observadas e identificadas sin dificultad	1	1	1	-	5	5	5	-
	D	Buena para todas las características geológicas relevantes	0.75	0.75	0.75	-				
	C	Razonables, buena visibilidad, pero hay que moverse alrededor para una observación completa	0.5	0.5	0.5	-				
	B	Limitada por árboles o vegetación baja	0.25	0.25	0.25	-				
	A	Deficientes	0	0	0	-				
8- Utilidad didáctica	C	Es posible usarlo con fines didácticos para cualquier tipo de público, o para personas con conocimientos básicos	-	1	-	-	-	20	-	-
	B	Puede ser utilizado con fines didácticos para un público de perfil especializado	-	0.5	-	-				
	A	Baja utilidad pedagógica	-	0	-	-				
9- Posibilidad de Recolección de Objetos	C	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geosítio	-	1	1	0	-	10	10	20
	B	Posible recolección de algunas muestras, pero con restricciones	-	0.5	0.5	0.5				
	A	No es posible la recolección de muestras sin dañar al geosítio	-	0	0	1				
10- Accesibilidad Vial	E	Acceso por bus en rutas nacionales o locales y a menos de 500 m del camino	-	1	1	1	-	10	5	10
	D	Acceso por auto en rutas locales en buen estado y a menos de 500 m del camino	-	0.75	0.75	0.75				
	C	Acceso por 4x4 y a menos de 500 m del camino o huella	-	0.5	0.5	0.5				

	B	Acceso a pie a más de 500 m desde vehículo	-	0.25	0.25	0.25				
	A	Acceso a pie a más de 1 km desde vehículo	-	0	0	0				
11- Accesibilidad Estacional	E	Se puede visitar durante todo el año	-	1	1	-	-	5	5	-
	D	Se puede visitar durante tres estaciones del año o equipo especializado	-	0.75	0.75	-				
	C	Se puede visitar durante dos estaciones del año o equipo especializado	-	0.5	0.5	-				
	B	Se puede visitar durante una estación del año o equipo especializado	-	0.25	0.25	-				
	A	Difícil acceso en cualquier estación o privado	-	0	0	-				
12- Grado de dificultad de acceso	E	Bajo, para cualquier persona	-	1	1	1	-	10	5	10
	D	Mediana-Baja, para personas afines a caminatas largas	-	0.75	0.75	0.75				
	C	Medio, personas con buen estado físico y con ciertas prácticas de montaña	-	0.5	0.5	0.5				
	B	Difícil, personas con buen estado físico y con experiencia en caminatas de media montaña	-	0.25	0.25	0.25				
	A	Muy difícil, para personas con experiencia en caminatas de alta exigencia y/o sólo con equipos especiales	-	0	0	0				
13- Proximidad a centros poblados y servicios	E	La capital comunal se ubica a menos de 5 km	-	1	1	1	-	5	5	10
	D	Existe una población con oferta de servicios a menos de 5 km	-	0.75	0.75	0.75				
	C	Existe población con oferta de servicios entre 5 a 20 km	-	0.5	0.5	0.5				
	B	Existe población con oferta de servicios entre 20 a 40 km	-	0.25	0.25	0.25				
	A	Solo existen poblaciones con oferta de servicios a más de 40 km	-	0	0	0				
14- Fragilidad Intrínseca	E	Sitios pequeños que pueden ser destruidos por pequeñas intervenciones, o afloramientos minerales o fosilíferos de fácil depredación.	-	0	0	1	-	5	10	25
	D	Sitios que pueden ser fácilmente destruidos por intervenciones humanas poco agresivas	-	0.25	0.25	0.75				
	C	Sitios que puedan ser destruidos, en parte, por intervenciones no muy intensas	-	0.5	0.5	0.5				
	B	Grandes estructuras geológicas que pueden ser afectadas por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.	-	0.75	0.75	0.25				
	A	Aspecto geomorfológico que, por su tamaño, es difícilmente afectado de manera importante por actividades humanas.	-	1	1	0				
15- Asociación con elementos culturales	C	Existencia de evidencias y/o vestigios arqueológicos en el área del geositio	-	-	1	-	-	-	10	-
	B	Existencia de elementos históricos o culturales vinculados al área del geositio	-	-	0.5	-				
	A	No existen elementos de especial interés histórico o cultural	-	-	0	-				

16- Asociación con elementos de biodiversidad	C	Fauna y/o flora importante por su abundancia, o presencia de especies de especial interés	-	-	1	-	-	-	10	-
	B	Presencia significativa de fauna y/o flora nativa	-	-	0.5	-				
	A	Escasos elementos de biodiversidad de interés	-	-	0	-				
17- Calidad Visual	E	Alta	-	-	1	-	-	-	15	-
	D	Media – Alta	-	-	0.75	-				
	C	Media	-	-	0.5	-				
	B	Baja – Media	-	-	0.25	-				
	A	Baja	-	-	0	-				
18- Uso actual	C	El lugar se encuentra vinculado a rutas y servicios ofrecidos por emprendedores locales (cabalgatas, trekking, etc)	-	-	1	-	-	-	20	-
	B	Promovido como lugar de interés geológico, cultural, natural o paisajístico.	-	-	0.5	-				
	A	Sin divulgación ni uso.	-	-	0	-				
19- Amenazas actuales o potenciales	C	Zona incluida en área de expansión urbana o industrial. Lugar situado en una explotación minera (tanto activa como abandonada), en área amenazada por proyecto hidroeléctrico, en el talud de una carretera o en suelo urbano.	-	-	-	1	-	-	-	10
	B	Zona de carácter intermedio. Colindante con una actividad industrial, minera o hidroeléctrica, colindante a suelo urbano no urbanizado, situado a menos de 50 m de una carretera o en el talud de una ruta local	-	-	-	0.5				
	A	Zona rural, no sujeta a desarrollo urbano o industrial ni a construcción de infraestructuras. Situado a más de 50 m de una carretera, a más de 1 km de una actividad industrial o minera, y a más de 2 km de suelo urbano.	-	-	-	0				
20- Vulnerabilidad a los procesos naturales	C	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), o bien está constantemente afectado por procesos naturales, no siendo necesario implementar medidas de mitigación.	-	-	-	0	-	-	-	5
	B	Moderada vulnerabilidad frente a los procesos no antrópicos, pero en una escala que no compromete la integridad del sitio, y las posibles transformaciones pueden ser mitigadas con medidas simples.	-	-	-	0.5				
	A	Elevada vulnerabilidad frente a los procesos no antrópicos. Se requieren medidas de mitigación de mayor índole.	-	-	-	1				
21- Situación legal actual	C	Lugar sin ningún tipo de protección legal ni reconocimiento.	-	-	-	1	-	-	-	10
	B	Lugar incluido en un área de reconocimiento por su valor natural	-	-	-	0.5				
	A	Lugar dentro de un área de protección legal	-	-	-	0				

Respecto al parámetro N° 21, “Situación legal actual”, debe mencionar que en este trabajo se le asigna a todos los sitios el criterio “A. Lugar dentro de un área de protección legal”, ya que toda el área de estudio se encuentra dentro de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, además, en el parámetro N°18 “Uso actual”, se le asigna a todos los sitios el criterio “C. El lugar se encuentra vinculado a rutas y servicios ofrecidos por emprendedores locales (cabalgatas, trekking, etc)”, ya que las rutas que se recorrieron están asociadas a un proyecto FIC, que busca fomentar el turismo de la región.

Es oportuno destacar que los valores asociados a cada criterio varían en función de las categorías. Esto se debe a que en el cálculo del riesgo de degradación influyen algunos parámetros que son comunes a los de otras categorías de uso, pero que juegan un papel distinto. Así, por ejemplo, en lugares donde “Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio” asociado al parámetro “Posibilidad de Recolección de Objetos”, tendrá un máximo valor asociado para fines didácticos, pero el mismo criterio tendrá un valor mínimo al considerar el riesgo de degradación del geositio, ya que este factor eleva su vulnerabilidad.

Del mismo modo, la representación porcentual que se asigna a parámetros que son compartidos por más de una categoría varía según el alcance que tenga en determinado valor de uso. Por ejemplo, al parámetro “Rareza” se le asigna un 15% de ponderación para el uso científico y un 5% para el uso didáctico.

Debido a la subjetividad que podría estar asociada al parámetro N°17, denominado "Calidad Visual", se ha decidido considerar las consideraciones presentadas por Partarrieu (2013). Estas consideraciones se basan en el modelo propuesto por Rojas y Kong (1998), y se centran en la evaluación de la calidad visual a través de componentes específicos que se encuentran detallados en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Evaluación de la calidad visual del paisaje por Rojas y Kong (1998). Componentes y criterios propuestos para cada elemento.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	VALOR ASOCIADO
Morfología o Topografía	Pendientes altas, estructuras morfológicas muy modeladas y de rasgos dominantes y fuertes contrastes cromáticos. Afloramientos rocosos.	3
	Pendientes medias, estructura morfológica de modelado suave u ondulado.	2

	Pendientes bajas, dominancia del plano horizontal visualizando ausencia de estructuras de contraste y jerarquía.	1
Fauna	Presencia de fauna nativa permanente. Áreas de nidificación, reproducción y alimentación.	3
	Presencia de fauna nativa esporádica dentro de la unidad, sin relevancia visual, presencia de animales domésticos (ganado).	2
	No hay presencia de fauna nativa. Sobrepastoreo o crianza masiva de animales domésticos.	1
Vegetación	Presencia de masas vegetales de alta dominancia. Alto porcentaje de especies nativas, diversidad de estratos y contrastes cromáticos.	3
	Presencia de vegetación con baja estratificación de especies. Presencia de vegetación alóctona. Masas arbóreas de baja dominancia visual.	2
	Vegetación con un recubrimiento de suelo bajo el 50%. Presencia de áreas con erosión sin vegetación. Dominancia de vegetación herbácea, ausencia de vegetación nativa.	1
Formas de Agua	Presencia de cuerpos de agua, con significancia en la estructura global del paisaje.	3
	Presencia de cuerpo de agua, pero sin jerarquía visual	2
	Ausencia de cuerpos de agua	1
Acción Antrópica	Libre de actuaciones antrópicas estéticamente no deseadas	3
	La calidad escénica está modificada en menor grado por obras, no añaden calidad visual	2
	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad visual del paisaje	1
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia e incrementa el área evaluada. Presencia de vistas y proyecciones visuales de alta significancia visual	3
	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad estética del área evaluada	2
	El paisaje circundante no ejerce influencia visual al área evaluada	1
Variabilidad Cromática	Combinaciones de color intensas y variadas. Contrastes evidentes entre suelo, vegetación, roca y agua.	3
	Alguna variedad e intensidad en color y contrastes de suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	2
	Muy poca variación de color o contraste, colores homogéneos o continuos.	1
Singularidad o Rareza	Paisaje único, con riqueza de elementos singulares.	3
	Característico, pero similar a otros en la región.	2
	Paisaje común, inexistencia de elementos únicos o singulares.	1

Tabla 5.3. Calidad visual del paisaje. Según los valores promedios obtenidos con la evaluación de la Tabla 5.2.

Calidad Visual	Valor Promedio
Alta	2.6 - 3.0
Media-Alta	2.2 - 2.5
Media	1.8 - 2.2
Media-Baja	1.4 - 1.7
Baja	<1.4

Una vez obtenidos los valores para estas 4 categorías, se calcula la sumatoria correspondiente a cada categoría de uso. Posteriormente, se utiliza el valor promedio de todos los geositos y la desviación estándar según cada categoría, en base a la ecuación [5.1]:

$$[5.1] U = X \pm (k * \sigma)$$

Donde;

U: Valor de Corte

X: Promedio de la muestra

σ : Desviación Estándar

k: Constante (0,5)

La ecuación anterior permite clasificar los geositos de acuerdo a ciertos umbrales: para uno superior (Medio - Alto) se utiliza la suma entre los factores, y para el inferior (Medio - Bajo) se aplica la resta de los factores. Una vez obtenidos ambos umbrales se puede clasificar cada geosito en función de la ponderación obtenida para cada categoría de uso y en la sumatoria de ellas. Son incluidos en el inventario sólo aquellos geositos que tengan valores “Medios” o “Altos”.

Finalmente, se calcula la “Prioridad de Protección” (PP) para cada geosito incluido en el inventario. El riesgo de degradación es de importancia crucial para la preparación e implementación de un plan de manejo del patrimonio geológico que se ha identificado. Para esto se usa el valor que el sitio obtuvo en la categoría “riesgo de degradación”, y el puntaje obtenido durante la valoración de las 3 categorías de uso. Así, no sólo se considera la vulnerabilidad intrínseca del sitio, sino también su interés (García-Cortes y Carcavilla, 2009).

$$[5.2] PP (\text{científico}) = C + RD$$

$$[5.3] PP (\text{didáctico}) = D + RD$$

$$[5.4] PP (\text{turístico-recreativo}) = TR + RD$$

Los valores obtenidos se agruparán bajo los rótulos “Corto Plazo”, “Mediano Plazo”, “Largo Plazo”. Los umbrales para estos rótulos se definen de la misma manera que para las categorías de uso, siendo modificada la constante. Para el umbral “Corto Plazo” se utilizó la constante k: 1; para “Mediano Plazo” k: 0,7; y “Largo Plazo” k: 0,25

5.1.3. Caracterización de los geositios

Para proporcionar una descripción completa de los geositios, se emplean fichas descriptivas para cada uno. Existen diversos formatos de fichas propuestos en la literatura, y la elección depende directamente de la finalidad de cada estudio sobre el patrimonio geológico. No obstante, en general, estas fichas constan de una descripción cualitativa del lugar y requieren información fundamental, que incluye la ubicación, la caracterización y los aspectos geológicos relevantes de cada geositio, además de fotografías que ilustren sus elementos más destacados. En el presente estudio se utilizan las fichas descriptivas utilizadas por Rivera (2014), Donoso (2017) y Urrutia (2018), basadas en las propuestas de Martínez (2010) y Partarrieu (2013), quienes utilizaron las fichas para evaluar el inventario de geositios para el Geoparque Kütralkura. Los elementos marcados con un asterisco (*) provienen de los parámetros utilizados para la evaluación cuantitativa (Tabla 5.4), y deben marcarse los mismos criterios usados en primera instancia para cada geositio.

Tabla 5.4. Ficha de caracterización de los geositios.

Código	Nombre	
Coordenadas:		
Localidad:		Comuna:
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (m) a punto más próximo de acceso en:	
	Bus	
	Auto corriente	
	4x4	
Uso actual:		
*Asociación con elementos de índole natural:		
*Asociación con elementos de índole cultural:		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):		
Tipo de interés geológico:		
Publicaciones que lo incluyen:		
Localidad tipo:		
*Estado de conservación:		
*Condiciones de observación:		
*Situación legal:		
*Posibilidad de recolección de objetos:		
*Fragilidad intrínseca:		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:		
Ubicación y acceso:		
Descripción:		
Imagen satelital:		
Fotografías:		

6. RESULTADOS.

6.1. Geología local simplificada

Sobre la base de la geología de la Hoja Laguna del Maule realizada por Muñoz y Niemeyer (1983), el mapa geológico de Naranjo et al. (2008), la interpretación de imágenes satelitales y las observaciones de terreno, se confeccionó un mapa geológico para el área de estudio a escala 1:100.000 (Figura 6.1), en el que se agrupan las unidades para que sean más fácilmente interpretadas:

- Formación Cura – Mallín: Representada por rocas piroclásticas y lavas subordinadas de composición intermedia, reconocibles desde lejos por su excelente estratificación y por la presencia de los plegamientos.
- Intrusivos de granodiorita y diorita: Corresponde a las rocas cristalinas del Batolito Santa Gertrudis, que intruyen a las rocas volcánicas de la formación Cura-Mallín y se encuentran cubiertas por las rocas de la formación Cola de Zorro.
- Formación Cola de Zorro: Constituida por productos de antiguos estratovolcanes del sector de edad Plio-Pleistocena, dispuestos con una actitud horizontal a subhorizontal.
- Complejo Volcánico Ancestral: Constituido por 4 lavas, comienza con las Lavas Los Pincheira, sobre las cuales se disponen las Lavas Diguillín, luego las Lavas Atacalco, las Lavas Lanalhue, y finalmente las Ignimbritas El Castillo.
- Complejo Volcánico Actual y flujos lávicos: Esta unidad abarca numerosas lavas, depósitos volcánicos y morrenicos asociados a la exhaustiva actividad cuaternaria del complejo volcánico. La unidad más antigua corresponde a las Lavas del Sur (de $40,9 \pm 13,4$ ka). Estas rocas marcan el comienzo de la construcción del complejo volcánico moderno, caracterizado por la diferenciación del sistema en dos subcomplejos volcánicos. Posteriormente, se depositan las Lavas Orientales y las fases iniciales de la construcción del Volcán Colcura, en Subcomplejo Cerro Blanco; y a las Lavas Larqui, Lavas del Sur y Lavas Aguas Calientes, del Subcomplejo Las Termas. En el límite Pleistoceno – Holoceno se encuentran las lavas del volcán Democrático. Finalmente, en Subcomplejo Cerro Blanco se encuentran los volcanes Colcura, Gato, Calfú, Pichicalfú, Baños, Blanco y Santa Gertrudis; y en el Subcomplejo Las Termas, los volcanes Viejo, Chillán, Shangri-La, Pata de Perro, Nuevo, Arrau y Chudcún,

además de los conos satélites Parador y Las Lagunillas, todos productos holocenos (Rivera, 2014).

- Depósitos morrénicos indiferenciados: Acumulaciones de detritos matriz soportados, con mala selección, constituidos principalmente por limos, arenas, bloques y bolones de materiales volcánicos, con espesores de 10 a 30 m.
- Depósitos fluviales, coluviales, aluviales y lahares: Se encuentran principalmente rellenando valles, y consisten en depósitos sedimentarios asociados a procesos fluviales y gravitaciones (remociones en masa; coluvios).

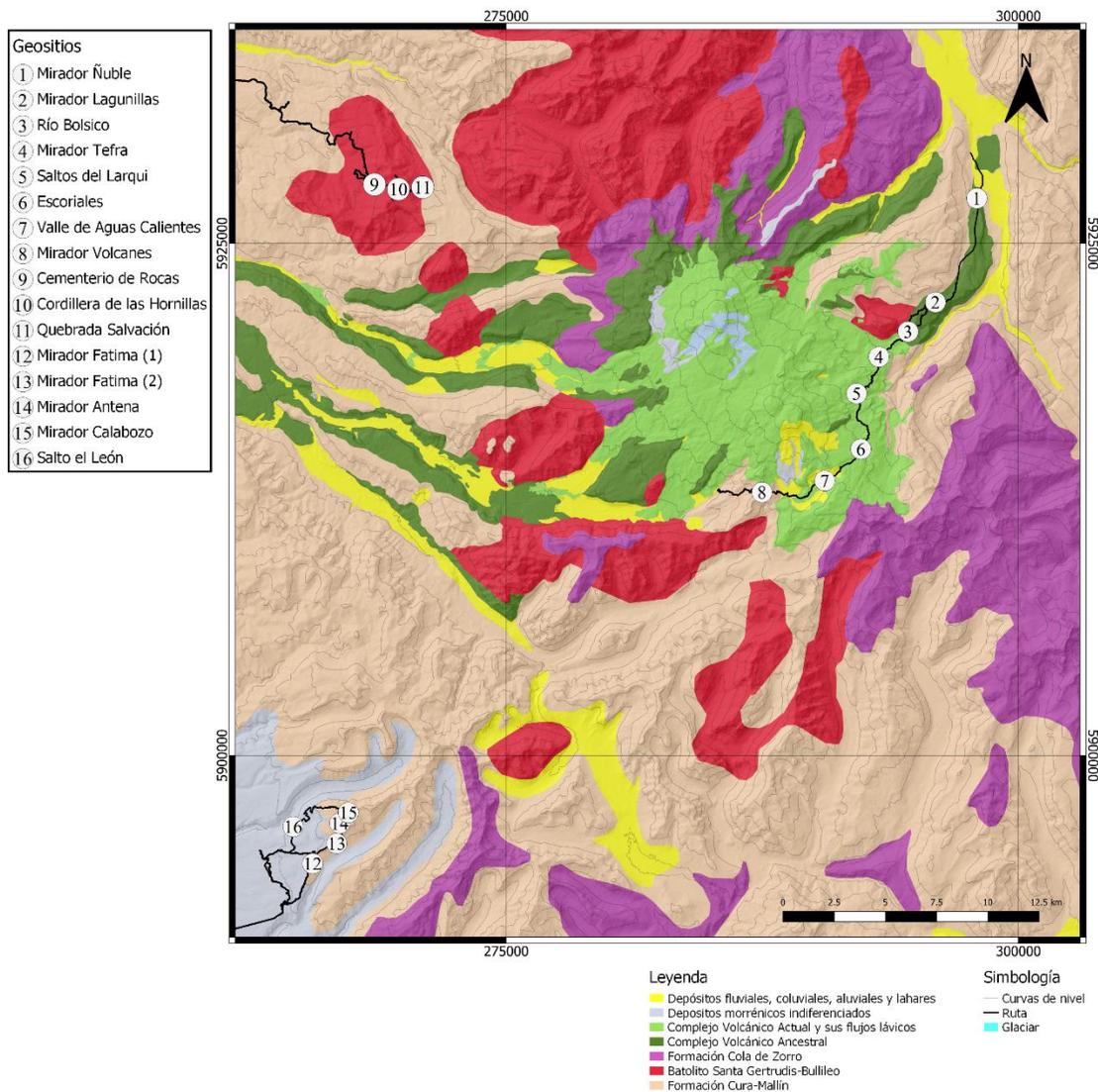


Figura 6.1 Mapa Geológico área de estudio y geositos. Escala 1:100.000. Elaboración propia en Software QGis

6.2. Patrimonio Geológico

En base a la información geológica recopilada previamente, junto al trabajo de campo y las observaciones de terreno, es que se identificaron 16 potenciales geositos. La ubicación de los geositos se presenta en la Figura 6.1.

6.2.1. Evaluación cuantitativa y Caracterización de potenciales geositos

Luego de llevar a cabo las campañas de terreno, se procedió a evaluar los posibles sitios de interés geológico siguiendo el enfoque metodológico descrito. En la Tabla 6.1, se detallan cada parámetro evaluado para cada geosito, los cuales fueron utilizados para evaluar el potencial uso de cada geosito, así como el riesgo de degradación y la Prioridad de Protección.

Tabla 6.1. Resultados cuantificación geositos.

Parámetros	Cód.	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16
1- Rareza	E																
	D																X
	C					X		X								X	
	B	X			X		X		X		X	X		X	X		
	A		X	X						X			X				
2- Representatividad	E																
	D																
	C	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	
	B			X								X			X		X
	A																
3- Grado de conocimiento científico	E							X									
	D																
	C																
	B										X						X
	A	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	
4- Localidad Tipo o Centro de Emisión Volcánico	C																
	B				X	X	X		X								
	A	X	X	X				X		X	X	X	X	X	X	X	X
5- Diversidad de elementos geológicos	E																
	D	X									X			X		X	
	C		X	X		X			X			X					X
	B				X		X	X		X			X		X		
	A																
6- Estado de conservación	E	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	D																
	C																
	B																
	A																

7- Condiciones de Observación	E					X		X	X		X			X		X	
	D	X	X	X	X		X			X		X	X		X		
	C																X
	B																
	A																
8- Utilidad didáctica	C	X	X			X		X	X	X	X			X		X	X
	B			X	X		X					X	X		X		
	A																
9- Posibilidad de Recolección de Objetos	C			X			X	X	X	X	X			X		X	
	B	X			X	X						X	X		X		X
	A		X														
10- Accesibilidad Vial	E																
	D																X
	C																
	B								X				X				
	A	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	
11- Accesibilidad Estacional	E	X	X	X				X		X			X	X			X
	D				X	X	X		X		X	X			X	X	
	C																
	B																
	A																
12- Grado de dificultad de acceso	E	X	X						X				X	X			X
	D			X	X	X	X	X		X					X	X	
	C										X						
	B																
	A																
13- Proximidad a centros poblados y servicios	E																
	D																
	C							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	B	X	X	X	X	X	X										
	A																
14- Fragilidad Intrínseca	E																
	D																
	C																
	B	X	X	X	X	X		X				X			X		X
	A						X		X	X	X		X	X		X	
15- Asociación con elementos culturales	C																
	B					X		X		X	X	X					X
	A	X	X	X	X		X		X				X	X	X	X	
16- Asociación con elementos de biodiversidad	C					X		X					X				X
	B	X	X	X					X	X	X	X		X		X	
	A				X		X								X		
17- Calidad Visual	E					X		X		X		X		X		X	X
	D	X	X	X					X		X		X				
	C				X										X		
	B						X										
	A																
18- Uso actual	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	B											X					

19- Amenazas actuales o potenciales	A																
	C																
	B																
20- Vulnerabilidad a los procesos naturales	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	B																
21- Situación legal actual	A																
	C																
	B																
	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Los contextos geológicos (Anexo I) reconocidos en el área de estudio son representados en la Figura 6.2. El número de contextos representados en un sitio, es indicador de su grado de representatividad, por ende, factor importante para su valorización. Notar que los contextos más representados son “Volcanismo Neogeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ)”. Seguido por “Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ)” y “Procesos, geofomas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI)”, los que se pueden observar en 12 y 9 geositios, respectivamente.

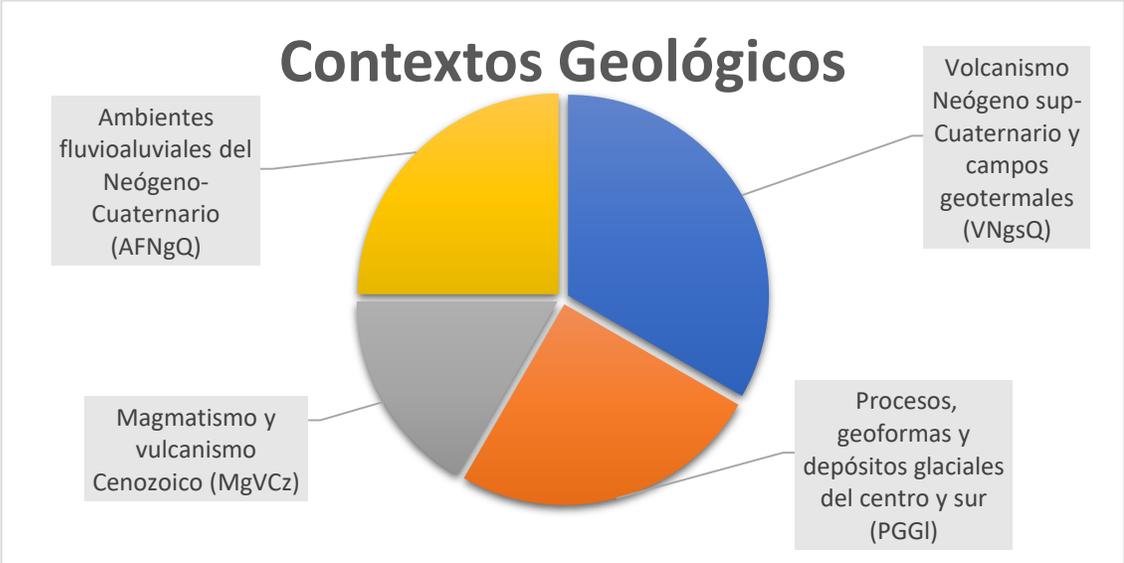


Figura 6.2. Gráfico con los contextos geológicos representados.

Posteriormente a la cuantificación de cada geositio, en función de los puntajes obtenidos para cada criterio de valorización, fueron ponderados para los distintos valores de uso asociado; científico, didáctico y turístico recreativo y otro para el riesgo de degradación, descrito en la Tabla 6.3. Con estos valores se calculó su promedio, desviación estándar y los umbrales, para los distintos tipos

de uso y riesgo de degradación. Para calcular los umbrales, se utilizó la ecuación 5.1. Los límites “Alto-Medio” y “Medio-Bajo” definen los rangos de clasificación para cada tipo de uso. La Tabla 6.2 resume los resultados obtenidos en cada geositio y el rótulo asignado.

Tabla 6.2. Parámetros estadísticos y rangos de valores para cada categoría.

Categoría	Promedio	Desv. Estándar	Umbrales		Alto	Medio	Bajo
			Alto-Medio	Medio-Bajo			
Uso Científico	38	10	43	33	>43	43-33	<33
Uso Didáctico	60	10	65	56	>65	65-56	<56
Turístico-Recreativo	70	10	75	65	>75	75-65	<65
Riesgo Degradación	20	8	25	16	>25	25-16	<16

Tabla 6.3. Puntaje obtenido para cada geositio en las distintas Categorías de Uso, mostrando la sumatoria final de cada geositio y la asignación de rangos “Alto”, “Medio” o “Bajo” en colores rojo, naranja y amarillo respectivamente.

Código	Geositio	Categorías de uso			Suma
		Científico	Didáctico	T-R	
G1	Mirador Ñuble	38	65	64	166
G2	Mirador Lagunillas	31	61	64	156
G3	Río Bolsico	25	53	68	145
G4	Mirador Tefra	43	51	58	151
G5	Salto de Agua	50	51	76	178
G6	Escoriales	43	53	56	151
G7	Valle Aguas Calientes	60	63	84	206
G8	Mirador Volcanes	46	68	73	186
G9	Cementerio de Rocas	29	69	79	176
G10	Cordillera de las Hornillas	43	71	80	194
G11	Quebrada Salvación	29	46	56	131
G12	Mirador Fátima 1	29	54	74	156
G13	Mirador Fátima 2	39	74	78	190
G14	Mirador Antena	26	46	59	131
G15	Mirador Calabozo	43	71	75	189
G16	Salto El León	39	73	81	193
		Promedio			169
		Desv. estándar			23
		Umbrales	Medio-Alto		180
			Bajo-Medio		157

Para la selección de los sitios que han sido incorporados al inventario, se procedió a agruparlos de acuerdo a los puntajes obtenidos para cada categoría de uso. Han sido incluidos al inventario

aquellos sitios con puntajes clasificados como “Alto” (rojo) o “Medio” (naranja) en la suma de las tres categorías de uso (científico, didáctico, y turístico–recreativo) (Figura 6.3).

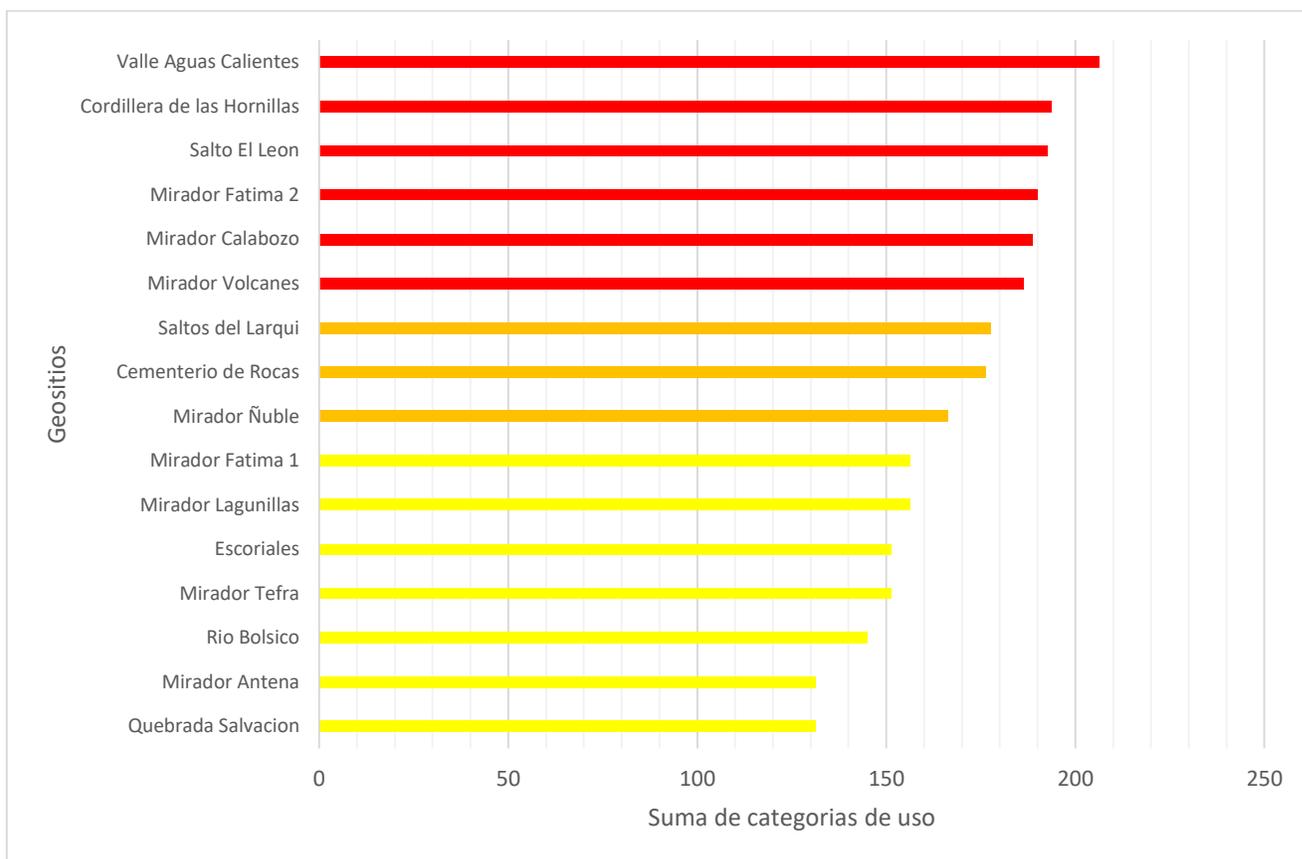


Figura 6.3. Gráfico de valoración cuantitativa para ranking final. Obtenido en cada geositio al sumar las tres categorías de uso.

En base a estos resultados, de los 16 geositios evaluados, 7 obtuvieron valores considerados “Bajo”. Por lo tanto, no han sido incluidos dentro del inventario. Estos sitios destacan por su bajo uso científico y por su poca geodiversidad, especialmente en miradores que fueron propuestos muy cercanos uno de otro. Otro sitio que no es incluido es el Valle de Aguas Calientes (G7), ya que se encontraba inventariado anteriormente por Rivera (2014), pero su cuantificación sirvió como punto de referencia para la evaluación de los parámetros del resto de los geositios. Además, el mapa de la Figura 6.5, representa los diversos geositios reconocidos en este estudio, donde el diagrama grafica las ponderaciones de los diversos usos que se proponen.

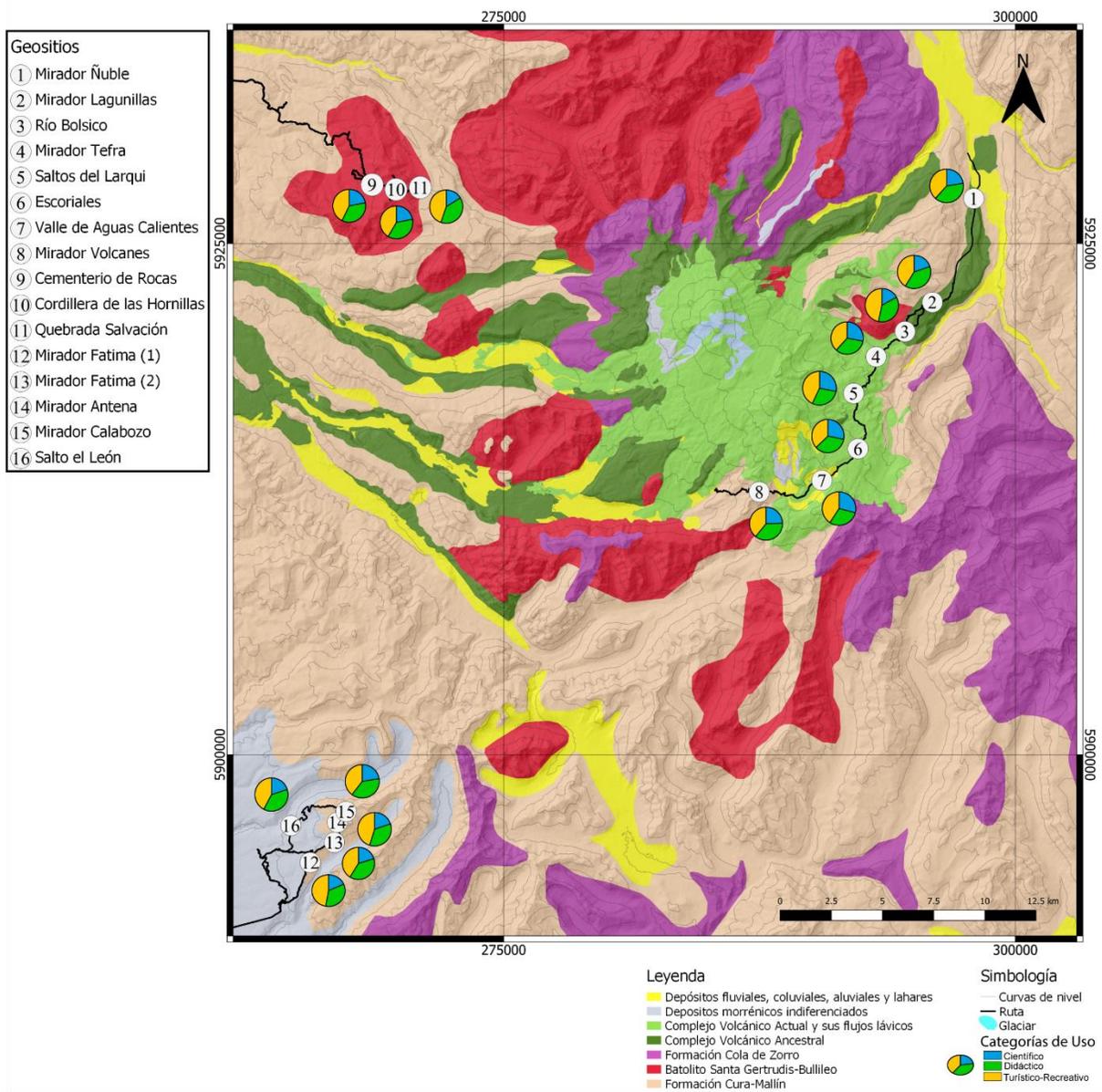


Figura 6.4. Mapa con diagrama de cuantificación geositos. Distribución de geositos y diagrama de cuantificación según categoría de uso.

La metodología aplicada considera incluir en el inventario final, los geositos que han sido clasificados dentro de los rangos “Alto” o “Medio” en la suma de las tres categorías de uso (científico, didáctico, y turístico–recreativo) y aquellos que están en riesgo de degradación. Por lo tanto, han sido incluidos en el inventario final 8 de los 16 geositos propuestos (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Geositios incluidos en el inventario final. Puntaje obtenido en la sumatoria de las tres categorías de uso Clasificados en: rojo los geositios de rango “Alto”, naranja de “Medio” y amarillo de “Bajo”.

Geosítio	Código	Suma
Cordillera de las Hornillas	GG5	194
Salto El León	GG8	193
Mirador Fátima (2)	GG6	190
Mirador Calabozo	GG7	189
Mirador Volcanes	GG3	186
Salto del Larqui	GG2	178
Cementerio de Rocas	GG4	176
Mirador Nuble	GG1	166

6.2.2. Evaluación del riesgo de degradación y prioridad de protección

La categoría Riesgo de Degradación constituye un factor que proporciona información acerca de la susceptibilidad de un geosítio a su deterioro, y, por ende, refleja la importancia de implementar medidas de preservación para dicho sitio, para eso se definieron los umbrales de “Corto Plazo”, “Mediano Plazo” y “Largo Plazo”. Los resultados de este proceso se presentan en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5. Datos estadísticos de Prioridad de Protección para cada categoría de uso.

Categoría	Promedio	Desv. Estándar	Umbrales		
			Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
Uso Científico	59	10	69	66	61
Uso Didáctico	81	12	93	89	84
Turístico-Recreativo	91	12	103	99	94

En la Tabla 6.6, es posible observar que los sitios con prioridad de protección al “Corto Plazo” corresponden, en su mayoría, a geositios ya incorporados al inventario debido a su potencial de uso en la suma de las tres categorías, como Salto El León (G16) y el Valle de Aguas Calientes (G7). Cabe destacar que por la predominancia de geositios cuyo valor cae en su aspecto geomorfológico, estos se encuentran menos vulnerables a acciones antrópicas, por lo que su prioridad de protección no es alta.

Tabla 6.6. Prioridad de Protección para cada categoría de uso (Científico, Didáctico y Turístico-Recreativo).

Geositio	PP Científico	Geositio	PP Didáctico	Geositio	PP T-R
Valle de Aguas Calientes	81	Salto El León	111	Salto El León	120
Salto El León	78	Mirador Ñuble	94	Valle de Aguas Calientes	105
Mirador Ñuble	66	Mirador Lagunillas	90	Mirador Fátima (1)	101
Salto del Larqui	66	Mirador Fátima (2)	89	Cementerio de Rocas	94
Mirador Lagunillas	60	Valle de Aguas Calientes	84	Mirador Ñuble	93
Mirador Tefra	59	Cementerio de Rocas	84	Mirador Lagunillas	93
Mirador Volcanes	59	Cordillera de las Hornillas	84	Salto del Larqui	93
Mirador Fátima (1)	56	Mirador Calabozo	84	Cordillera de las Hornillas	93
Cordillera de las Hornillas	55	Mirador Fátima (1)	81	Mirador Fátima (2)	93
Quebrada Salvación	55	Mirador Volcanes	80	Mirador Antena	88
Mirador Antena	55	Mirador Antena	75	Mirador Calabozo	88
Mirador Calabozo	55	Quebrada Salvación	73	Mirador Volcanes	85
Mirador Fátima (2)	54	Rio Bolsico	69	Rio Bolsico	84
Escoriales	53	Mirador Tefra	68	Quebrada Salvación	83
Cementerio de Rocas	44	Salto del Larqui	68	Mirador Tefra	74
Rio Bolsico	41	Escoriales	63	Escoriales	66

6.2.3. Caracterización de los geositios seleccionados

En el Anexo III, se presentan las fichas cualitativas, realizadas durante la práctica 2023, de los 16 geositios reconocidos dentro del área de estudio, con sus respectivas características, localización, asociaciones con otros elementos, accesos y fotografías. Estas fichas descriptivas desempeñan un papel fundamental en la creación de un estudio que proporciona una visión detallada de cada geositio. A través de estas fichas, se logra un acercamiento al entorno natural de cada sitio y se facilita una comprensión geológica de la ubicación.

6.2.4. Rutas Geológicas

Como se mencionó anteriormente, una georuta implica la creación de trazados que conectan dos o más puntos de interés geológico, lo que posibilita a los visitantes explorar diversos afloramientos en la región y comprender la evolución geológica del área. En el contexto de esta investigación, las georutas sirven para ayudar a comprender el contexto del Corredor Biológico en general, y también el del área de estudio en particular. Además, estos recorridos atraviesan lugares que han sido identificados como posibles geositios, aunque no estén incluidos en los inventarios finales. Estos

puntos de interés geológico son reconocidos como atractivos que valen la pena considerar. En el Anexo II, se presenta un resumen con las rutas geológicas generadas en la presente investigación, donde se incluyen las que han sido propuestas por Rivera (2014), Donoso (2017) y Urrutia (2018).

6.2.5. Geo-ruta Los Sauces-Aguas Calientes.

El recorrido comienza desde San Fabián de Alico por la Ruta N-31, hasta el poblado Los Sauces. Posteriormente, al seguir bordeando el río, se llegará al primer geosítio propuesto, el Mirador Ñuble (G1), que se encuentra sobre lavas andesíticas de la unidad Lava Los Pincheira, desde donde es posible observar a la Formación Cura-mallín (Figura 6.5), bien estratificada y con un leve plegamiento, intruidas por numerosos diques y remociones en masa que han afectado las laderas del río, además en el mirador se encuentran el Chagual (*Puya sp.*) y hay avistamiento de aves protegidas como el Peuquito (*Accipiter bicolor chilensis*).



Figura 6.5. Vista hacia el NE del valle del río Ñuble desde el Mirador Ñuble.

El Mirador Lagunillas (G2) es nuestro siguiente destino, con vista al volcán Chillán y el volcán Nevados de Chillán, con sus imponentes cráteres, acompañados de abundante flora característica de la reserva como el Hualle (*Nothofagus obliqua*), Radal (*Lomatia hirsuta*) y Coigüe (*Nothofagus dombieyi*). El sendero es atravesado por el paso del río Bolsico (G3), donde la erosión fluvial que este produce permite observar tobas de lapilli líticas de la Formación Cura-Mallín. Durante el trayecto se observa que el paisaje cambia abruptamente al llegar al Mirador Tefra (G4), aquí el

sendero atraviesa los depósitos de caída no consolidados del Complejo Volcánico Nevados de Chillán.

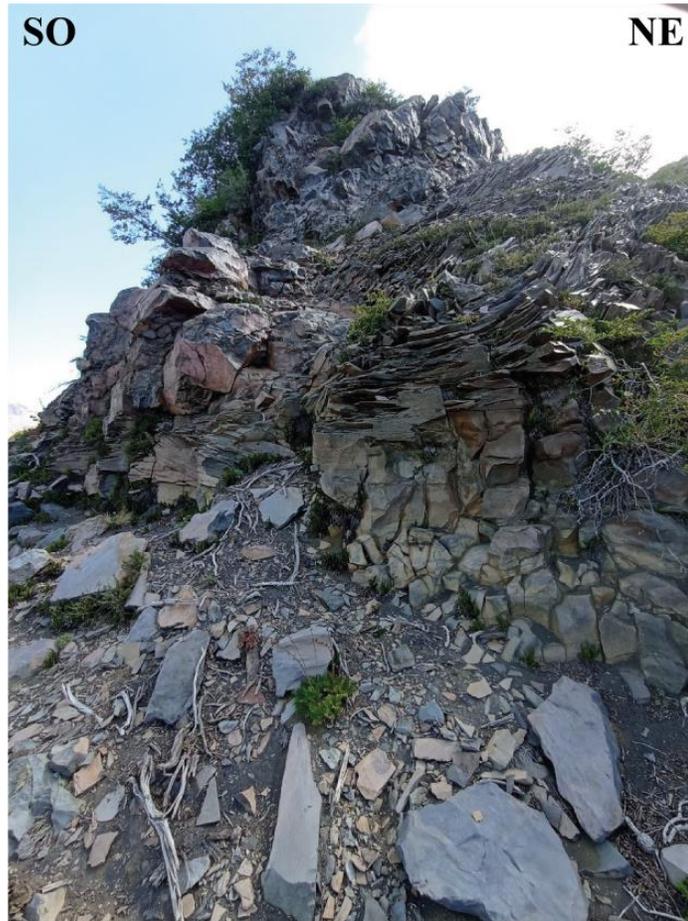


Figura 6.6. Intercalación de bloques columnares y lavas con platy fractures.

Nuestro siguiente destino son los Saltos del Larqui (G5), que presenta un nuevo cambio abrupto del paisaje, por la irrupción de una serie de pequeñas cascadas nacidas de glaciares, emplazadas sobre coladas de lava con intercalaciones de bloques columnares y lavas con platy fractures (Figura 6.6), características de la parte interior de las lavas de ambientes sub-glaciales. Al ser de las pocas fuentes de agua en el área, se forma un pequeño oasis donde se congregan las especies características de la reserva. En los Escoriales (G6), depósitos de escoria volcánica y el diaclasamiento columnar en las Lavas Aguas Calientes nos invitan contemplar la belleza del volcanismo del Subcomplejo las Termas. 500 m más adelante, el Valle de Aguas Calientes (G7), un remanso de fuentes de aguas termales (Figura 6.7), se abre ante nosotros. Geodiversidad y biodiversidad se entrelazan en este valle glaciar, con la presencia de animales como la Dormilona tontita (*Muscisaxicola macloivanus*) y el Jilguero cordillerano (*Spinus uropygialis*). El valle sigue

un lineamiento E-W, siendo una zona de debilidad utilizada para el emplazamiento del glaciar que da la morfología al valle. En la ladera S del valle afloran rocas pertenecientes al volcanismo Pleistoceno, específicamente a la unidad Lavas del Sur, mientras que en la ladera contraria se hayan sobreyaciendo las Lavas Aguas Calientes.



Figura 6.7. Aguas termales del Valle de Aguas Calientes (izquierda). Vista hacia el O desde el Mirador Volcanes (derecha).

La ruta llega a su término en el Mirador Volcanes (G8), donde la vista panorámica nos asombra con la morfología esculpida por antiguos glaciares, específicamente en el valle Las Trancas y el valle Hermoso hacia el oeste (Figura 6.7), acompañados de la presencia de fauna como el Matuasto del Laja (*Phymaturus vociferator*) y el Cóndor Andino (*Vultur gryphus*). Hacia el este, el Complejo Volcánico Nevados de Chillán y sus relictos glaciares capturan nuestra atención, mientras que, hacia el sur, los volcanes Antuco y Sierra Velluda que se observan a lo lejos marcan el límite de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja.

6.2.6. Georuta Las Lumas.

Para llegar a la ruta se debe acceder desde Coihueco por la carretera N-509, pasando por terrenos propiedad privada de Arauco hasta llegar al Refugio Relbunkó, cuya belleza radica en la abundancia de flora y fauna característica de la reserva, como el Hualle (*Nothofagus obliqua*) y el Coigüe (*Nothofagus dombieyi*). El trayecto continuo por un sendero hasta llegar al geosítio Cementerio de Rocas (G9), caracterizado por enormes bloques de roca ígnea intrusiva de composición diorítica-granodiorítica provenientes de caídas de rocas de la Cordillera de las Hornillas (G10), que se observa imponente a la distancia y le da el nombre al geosítio (Figura 6.8),

En el sector se ven muchos troncos de coigües quemados, con la presencia de aves como el Carpintero Negro (*Campephilus magellanicus*) y el Cometocino de Gay (*Phrygilus gayi*).

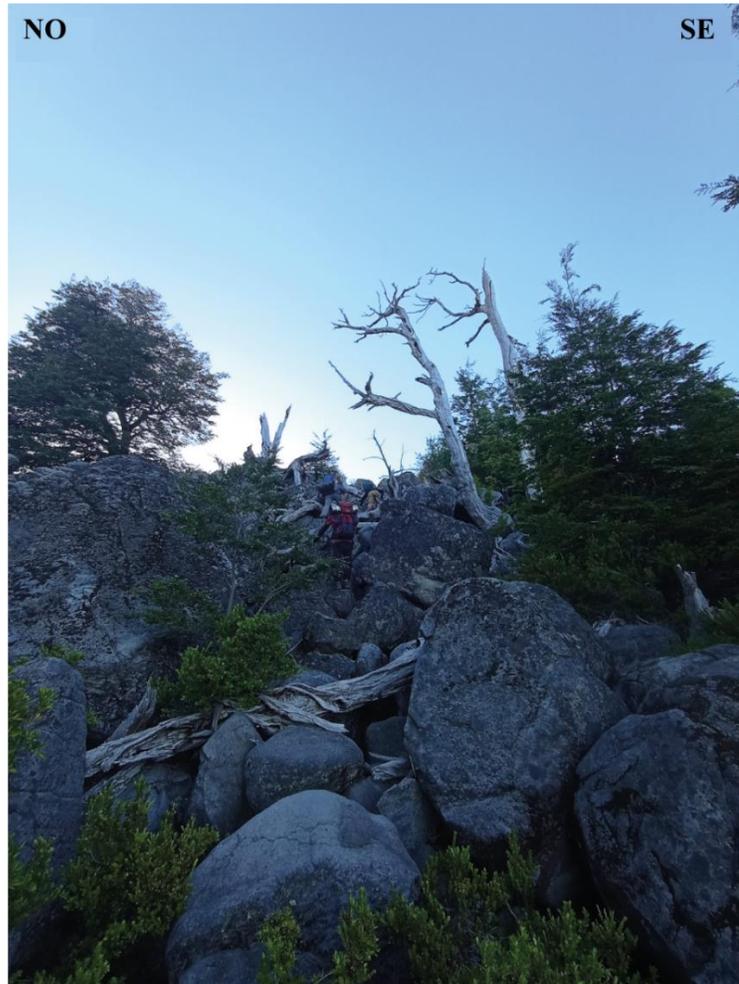


Figura 6.8. Depósitos coluviales de tamaño bloque que constituyen al Cementerio de Rocas.

El sendero continúa con una pendiente intermedia hasta llegar a la majestuosa Cordillera de las Hornillas (G10). Aquí, la erosión fluvial y glaciario a lo largo del Cuaternario ha esculpido abruptas paredes en el Batolito Santa Getrudis-Bullileo, creando dos estructuras notables: la "Hornilla Grande" con 80 metros de altura y la "Hornilla Chica" de 20 metros. Entre las hornillas, encontramos vestigios de lavas pleistocenas, abundantes Ñirres (*Nothofagus antarctica*) y diversidad de aves como el Cóndor Andino (*Vultur gryphus*), el Aguilucho Común (*Geranoaetus polyosoma*), junto con Golondrinas de Dorso Negro (*Notiochelidon cyanoleuca*). Además, esta zona es monitoreada con el fin de avistar el paso del Huemul hacia el Santuario de la Naturaleza Huemules de Niblinto.

Desde las alturas de la Cordillera de las Hornillas (G10) tenemos un claro panorama de la geología regional de la reserva (Figura 6.9), observamos hacia el E las rocas estratificadas de la Formación Cura-Mallín, resultado de la intensa actividad volcánica del Oligoceno-Mioceno, se pueden apreciar los valles en forma de U, que rememoran el paso de glaciares que dejaron su marca a través de la erosión y la formación de estos valles. También se observa el volcanismo actual, con el Complejo Volcánico Nevados de Chillán al este y el Volcán Sierra Velluda al sur.

La ruta ahora desciende a través Quilas (*Chusquea quila*) hacia la Quebrada Salvación (G11). En este punto, se forman "pozones" de hasta 10 m de diámetro y 1 m de profundidad por la erosión fluvial en rocas pertenecientes al Batolito Santa Gertrudis-Bullileo, la misma litología que encontramos en la Cordillera de las Hornillas. El agua, además, con el paso del tiempo ha esculpido "marmitas", pequeñas cavidades que se forman por la acción erosiva del agua y añaden una belleza única al entorno. La vegetación cambia un poco en esta área, con la presencia de especies como el Chequén (*Luma chequen*) y el Chilco (*Fuchsia magellanica*), además de la presencia del Chucao (*Scelorchilus rubecula*), el Carpintero Negro (*Campephilus magellanicus*) y la Cachaña (*Enicognathus ferrugineus*)



Figura 6.9. Vista desde la Cordillera de las Hornillas.

6.2.7. Georuta Ranchillo.

Nuestro punto de partida es el bien protegido nacional Ranchillo Alto, propiedad de la Universidad de Concepción, que cuenta con la presencia de especies de árboles nativos como el roble y el coigüe, y es de ideal uso para actividades de trekking, educativas y de investigación científica. La ruta nos lleva en primer lugar al Mirador Fátima (1) (G12), desde este lugar se puede observar el valle glaciar Fátima, además de la Formación Cura-Mallín al este y el Volcán Antuco hacia el sur,

siendo rodeados durante el trayecto por especies representativas de la Reserva antes mencionados como el Hualle, Coigüe, Lenga (*Nothofagus pumilio*), Radal (*Lomatia hirsuta*), con presencia de aves como el Carpintero Negro (*Campephilus magellanicus*) y el Aguilucho Común (*Geranoaetus polyosoma*). El siguiente destino es el Mirador Fátima (2) (G13), que se encuentra sobre lavas de composición intermedia de la Formación Cura-Mallín, con una vista clara hacia el valle glaciar Fátima (Figura 6.10), en que, debido a largos períodos de erosión y meteorización por un glaciar, ha resultado en la característica forma en "U" de estos valles. En las laderas del valle se puede observar un leve manto de la Formación Cura-Mallín, además de la presencia de lavas con fraccionamiento columnar, por el enfriamiento lento de estas.



Figura 6.10. Vista desde Mirador Fátima 2 hacia el valle glaciar homónimo.

El ascenso nos lleva al Mirador Antena (G14), ubicado en un circo glaciar de ~300 m de diámetro, con presencia de Ñirres (*Nothofagus antartica*) y el Cóndor Andino (*Vultur gryphus*), desde se pueden apreciar depósitos fluvioglaciares, la depresión intermedia y la cordillera de la Costa hacia el oeste. Continuamos el ascenso hasta llegar al Mirador Calabozo (G15), a pesar de la caminata de 4-5 horas en subida, obtenemos de recompensa una vista deslumbrante del valle glaciar Calabozo, con circos glaciares de ~700 m de diámetro labrando lavas de la Formación Cura-Mallín, en que bloques errantes, característicos de procesos glaciares, son adornado por Ñirres, y el vuelo ocasional del Cóndor Andino, Aguilucho Común, Dormilona Tontita y el Peuco (*Parabuteo unicinctus*). Hacia el noreste se pueden observar diques sub verticales intruyendo a la Formación

Cola de Zorro, el Batolito de Santa Gertrudis-Bullileo y volcanes del CVNCh hacia el noroeste (Figura 6.11). Este mirador se caracteriza por vistas que permiten observar la geodiversidad característica de la reserva.

Aquí comienza el descenso hacia el ultimo geosito de la ruta, el Salto el León (G16), una cascada de ~50 m en el estero el Chilco, cortando a lavas con estructuras columnares de la Formación Cura-Mallín. El acceso a la cascada puede ser complicado por lo que se recomienda la búsqueda de otra ruta que permita observar con plenitud la dimensión del salto, pero si se pueden observar saltillos que se desprenden del santo principal (Figura 6.11). También el sitio se caracteriza por la abundante presencia de flora característica de la reserva (Hualle, Lenga, Radal, Coigüe y Ñirre).

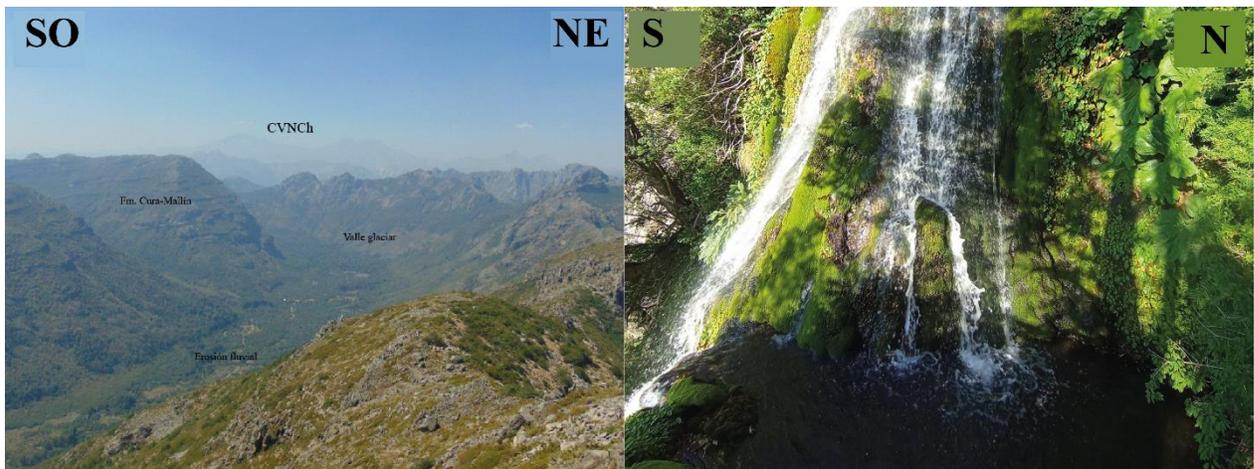


Figura 6.11. Vista desde el mirador hacia estratos de Fm. Cura-Mallín y el valle glacial Calabozo (izquierda). Salto de agua secundario del geosito Salto El León (derecha).

7. DISCUSIÓN

7.1. Patrimonio geológico de la Reserva

El patrimonio geológico observado en el área de estudio en la reserva se caracteriza por la abundante presencia de potenciales Miradores de Interés Geológicos (MIG), los cuales, dependiendo la definición de geositos que se encuentre más adecuada, pueden ser o no clasificados como geositos. Aun así, los MIG's constituyen importantes puntos de observación de los procesos geológicos que han formado el paisaje circundante, por lo que es indispensable que éstos sean considerados en un trabajo de patrimonio geológico. Se deben ubicar en lugares con excelentes panorámicas, generalmente de buena accesibilidad y con espacio suficiente para generar infraestructura relacionada con la difusión del patrimonio natural. En este sentido, se considera que presentan una excelente herramienta, para enseñar a un amplio rango de visitantes y de manera didáctica, los procesos naturales que han ocurrido en un lugar. Además, producto que su valor recae en aspectos geomorfológicos de gran magnitud, su vulnerabilidad ante amenazas naturales y antrópicas es baja y no representa una prioridad, dando oportunidad a la priorización de su infraestructura.

Los resultados de la cuantificación realizada, muestran que en la zona de estudio existen 8 geositos incluidos en el inventario final, que poseen una categoría de “Alto” en sus usos didáctico y turístico-recreativo, con un uso científico “Bajo” generalizado en los geositos. Este sesgo para el uso científico, es producto del valor asociado al criterio de grado de conocimiento científico, a causa de que ciertos afloramientos de gran interés no han sido reconocidos o citados en más de una tesis académica, capítulo de libro o artículos de revistas científicas. El valor científico depende entonces de su grado de estudio y esto puede conducir a errores en la cuantificación.

7.1.1. Inventario final

En total, han sido reconocidos 71 geositos dentro de la Reserva de la Biósfera; 13 corresponden a Donoso (2017), 20 a Rivera (2014), 31 a Urrutia (2018) y 7 en la presente investigación. El inventario se generó en base a la suma de las tres categorías de uso, donde los umbrales “Alto”, “Medio” y “Bajo”, siendo entonces representada en la Figura 7.1 la ubicación de la totalidad de los sitios de interés geológico reconocidos dentro de la reserva.

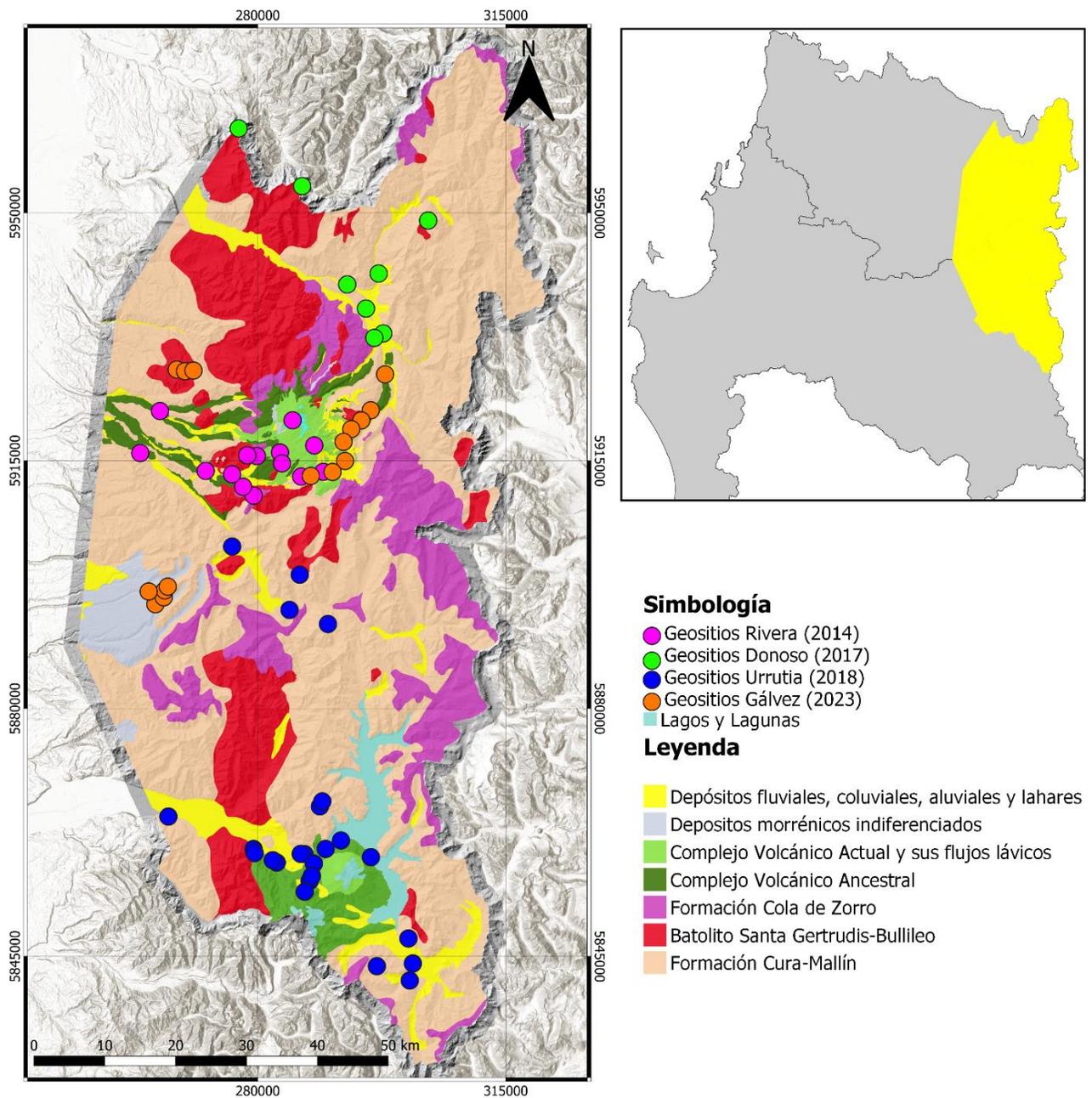


Figura 7.1. Mapa geológico con geositos reconocidos en la reserva. Escala 1:150.000

Debido a que los resultados de la cuantificación de los distintos inventarios se comportan de distinta forma, Urrutia (2018) plantea realizar una normalización de los resultados. Para esta normalización, se consideraron los resultados de la cuantificación de los potenciales geositos de Rivera (2014), Donoso (2017) y Urrutia (2018).

Primero se normalizó promediando el promedio de los resultados asociados a cada categoría de uso (científico, didáctico y turístico-recreativo), para luego utilizar la ecuación 7.1.

$$[7.1] \alpha u = (Vu * Xt) / X$$

Donde;

αu : Valor de uso normalizado

Vu : Valor ponderado original de uso

Xt : Promedio del promedio de la categoría de uso para las investigaciones de la reserva

X : Promedio de la categoría de uso en ranking local del geositio

Posteriormente, para obtener valores que sean comparables en términos porcentuales, los resultados fueron normalizados con valor máximo 100.

$$[7.2] \alpha' = (\alpha u * 100) / \alpha_{\text{máx}}$$

Donde;

α' : Valor de uso normalizado a 100

αu : Valor de uso normalizado

$\alpha_{\text{máx}}$: Valor de uso máximo normalizado

Como se observa en la Figura 7.2, después de la normalización, 18 de los geositios han sido clasificados con el rango “Alto” dentro de la reserva, en la suma de las tres categorías de uso (Anexo IV). Notar que el geositio Valle de Aguas Calientes (G7) tuvo un ascenso de rango, considerándose “Medio” por Rivera (2014). Esto se debe a un aumento del valor de uso científico, producto de que la metodología sobrestima a los sitios que han sido estudiados por tesis, u otros trabajos científicos previamente. De los geositios exclusivamente del presente trabajo, el geositio Cordillera de las Hornillas (G10) sería el mejor evaluado, seguido del geositio Salto El León (G16).

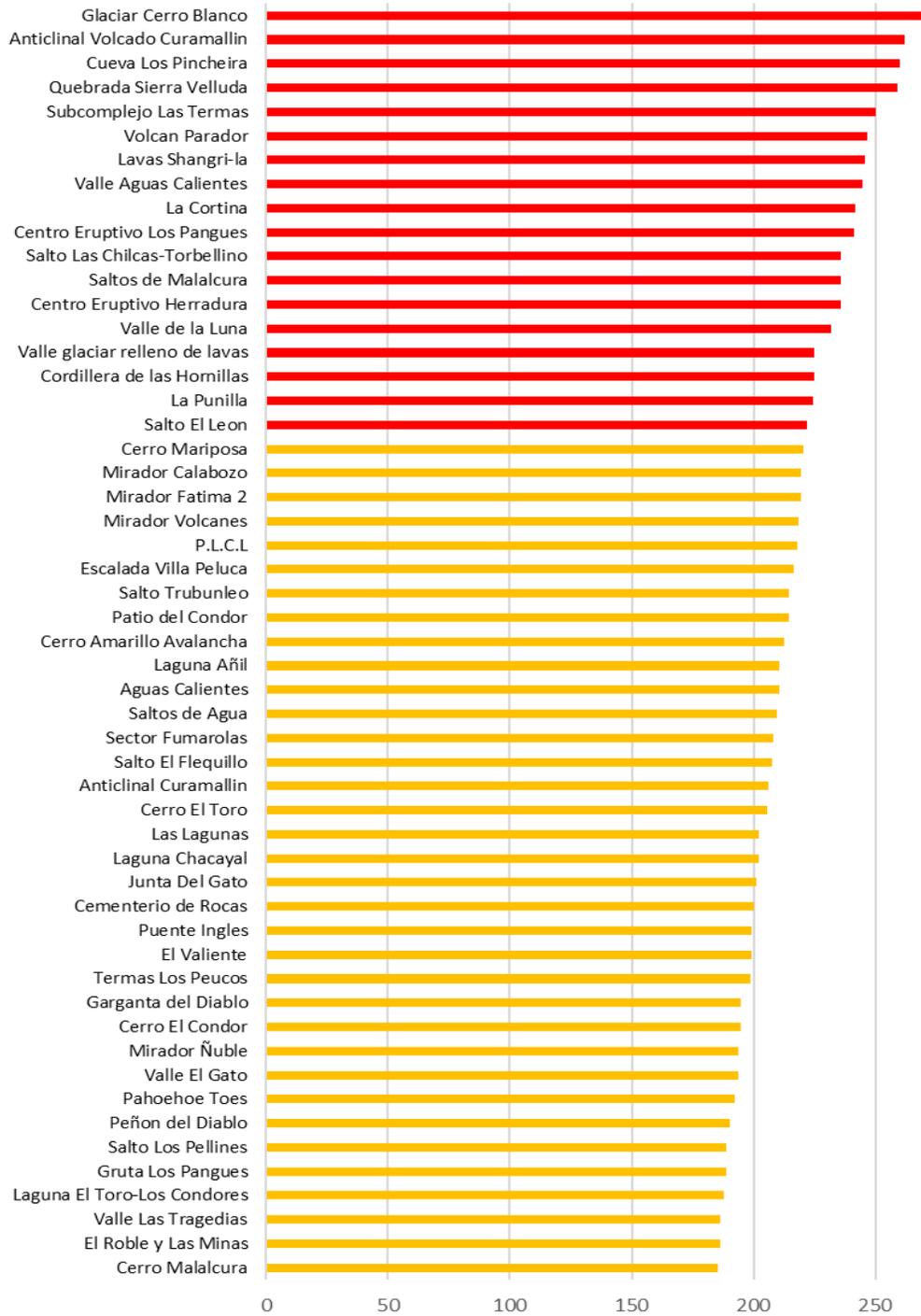


Figura 7.2. Gráfico geositios dentro de la reserva. Considera valores “Alto” y “Medio” para la suma de las tres categorías de uso.

7.1.2. Lugares de interés geológico más destacables

Dentro del marco del proyecto FIC, con el propósito de generar un afiche que busca de potenciar el valor turístico de la reserva, se recopilan los geositios más destacables del geopatrimonio existente. Urrutia (2018) destaca 11 geositios, por sus altos resultados en la suma de sus categorías de uso, siendo los siguientes los de mejor ranking.

Anticlinal Volcado Cura-Mallín: Este geositio corresponde a un anticlinal volcado que aflora 3 km al sur de la Laguna de la Laja, al norte del río Pino (Figura 7.3). Presenta vergencia al oeste, eje NNW-SSE y leve buzamiento hacia el norte. Corresponden a pliegues por propagación de falla, originados por el avance del extremo propagante de una falla a través de una rampa, hacia estratos no fallados. Las rocas corresponden al miembro volcanoclástico de la Formación Cura-Mallín (Miembro río Queuco).

Centro Eruptivo Los Pangués: Corresponde a un cono piroclástico escoriáceo, de color gris negro a rojizo, de un diámetro basal cercano a los 250 m y unos 50 m de altura (Figura 7.4). Las lavas están compuestas por flujos de basalto de olivino, que descendieron por el valle del estero Los Pangués, hasta su desembocadura en el río Laja, a unos 5 km de distancia.



Figura 7.3. Vista al Anticlinal Volcado Cura-Mallín. Extraído de Urrutia (2018).

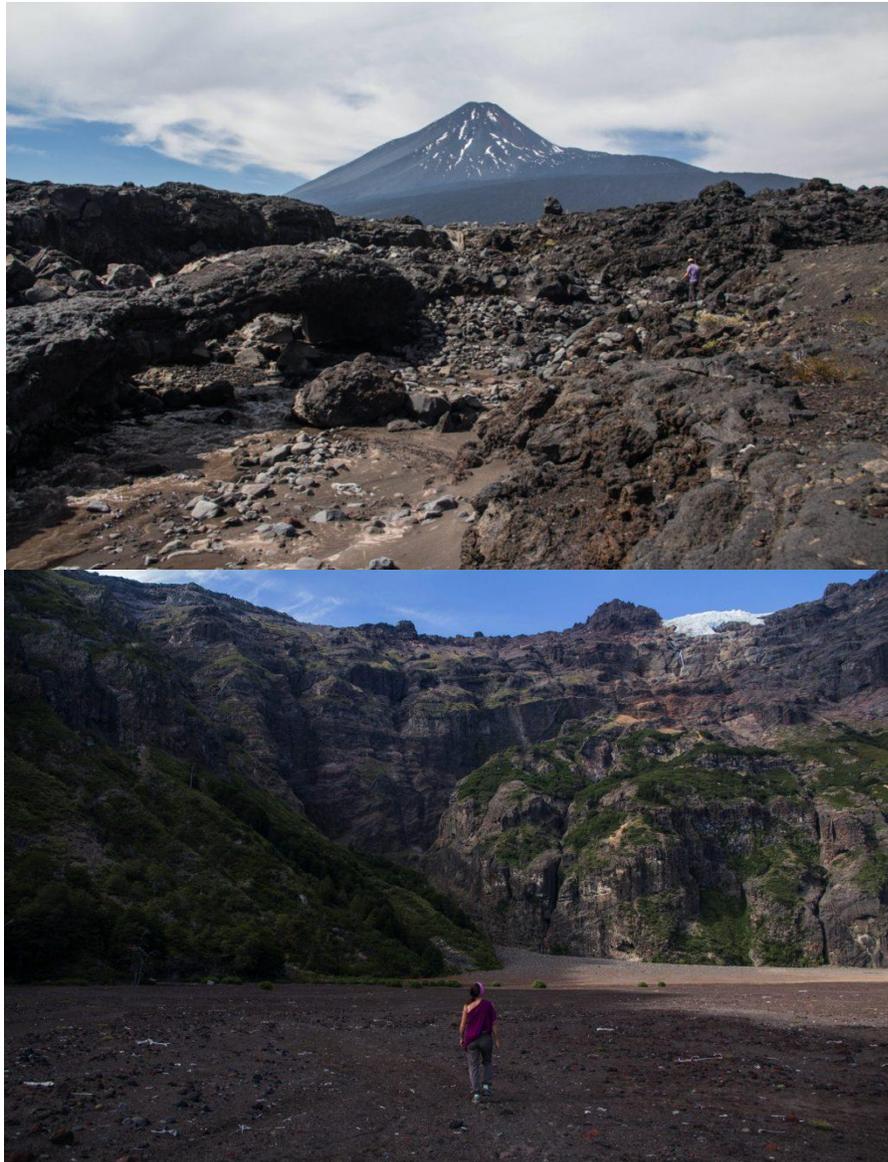


Figura 7.4. Centro Eruptivo Los Pangues (arriba). Quebrada Sierra Velluda (abajo). Extraído de Urrutia (2018).

Quebrada Sierra Velluda: Esta quebrada corresponde a la ladera noroeste del volcán Sierra Velluda. Junto con el volcán Antuco se ubican en una depresión anular de unos 12 km (Figura 7.4). En este sector pueden observarse brechas volcánicas, probablemente asociadas a flujos laháricos, flujos piroclásticos y diversos flujos de lava. Además, se encuentra intruida por numerosos filones basálticos y andesítico basálticos, los cuales presentan diferentes orientaciones.



Figura 7.5. Cordón de cerros La Cortina. Extraído de Urrutia (2018).

La Cortina: Las rocas que se reconocen en este afloramiento corresponden a brechas volcánicas, lavas andesíticas y tobas, predominando estas últimas. También se reconocen conglomerados gruesos. Este cordón de cerros (Figura 7.5), Perteneciente al Miembro Río Queuco, de la Formación Cura-Mallín, separa el Lago Laja de la Planicie El Toro, erosionado por la acción de glaciares y relleno por sedimentos de la avalancha volcánica del Antuco I.

Salto Las Chilcas - Salto El Torbellino: Este geosítio es un reconocido atractivo paisajístico del Parque Nacional Laguna del Laja. Ambos son parte de un circuito interpretativo del parque, en el que la primera sección es apta para personas de movilidad reducida. Ideal para personas que gusten de la interpretación de abundante flora y su contraste con los diferentes procesos geológicos que han afectado el valle superior del río Laja (Figura 7.6). Desde el punto de vista turístico, en este lugar comienza una sección que es posible realizar en kayak de río hasta la central Abanico, con dificultad clase IV de rápidos continuos, con aguas cristalinas y panorámicas privilegiadas. Se recomienda incentivar este uso para la difusión y conservación de la zona.



Figura 7.6. Salto Las Chilcas - Salto El Torbellino. Extraído de Urrutia (2018)

Rivera (2014) destaca 6 geositios por tener puntajes “Altos” para las tres categorías de uso, y al el Fundos Los Pretiles por encontrarse primero en el ranking de “riesgo de degradación”. Los geositios que mayor puntaje obtuvieron son:

Glaciar Cerro Blanco: Este geositio, popularmente conocido como “Los Nevados”, consiste en un milenario glaciar que cubre al volcán Cerro Blanco (Figura 7.7). Este cuerpo de hielo antiguamente era tan grande que descendía por los valles que rodean el complejo volcánico, labrando las laderas del Valle de Las Trancas, entre otros. Actualmente sus aguas alimentan al río Chillán y al Ñuble, importantes afluentes del río Itata. La presencia de flora y fauna endémica, y la presencia de especies en peligro de extinción, como el cóndor y el huemul, hace de este uno de los sitios prioritarios de la biodiversidad de la cuenca del río Itata.

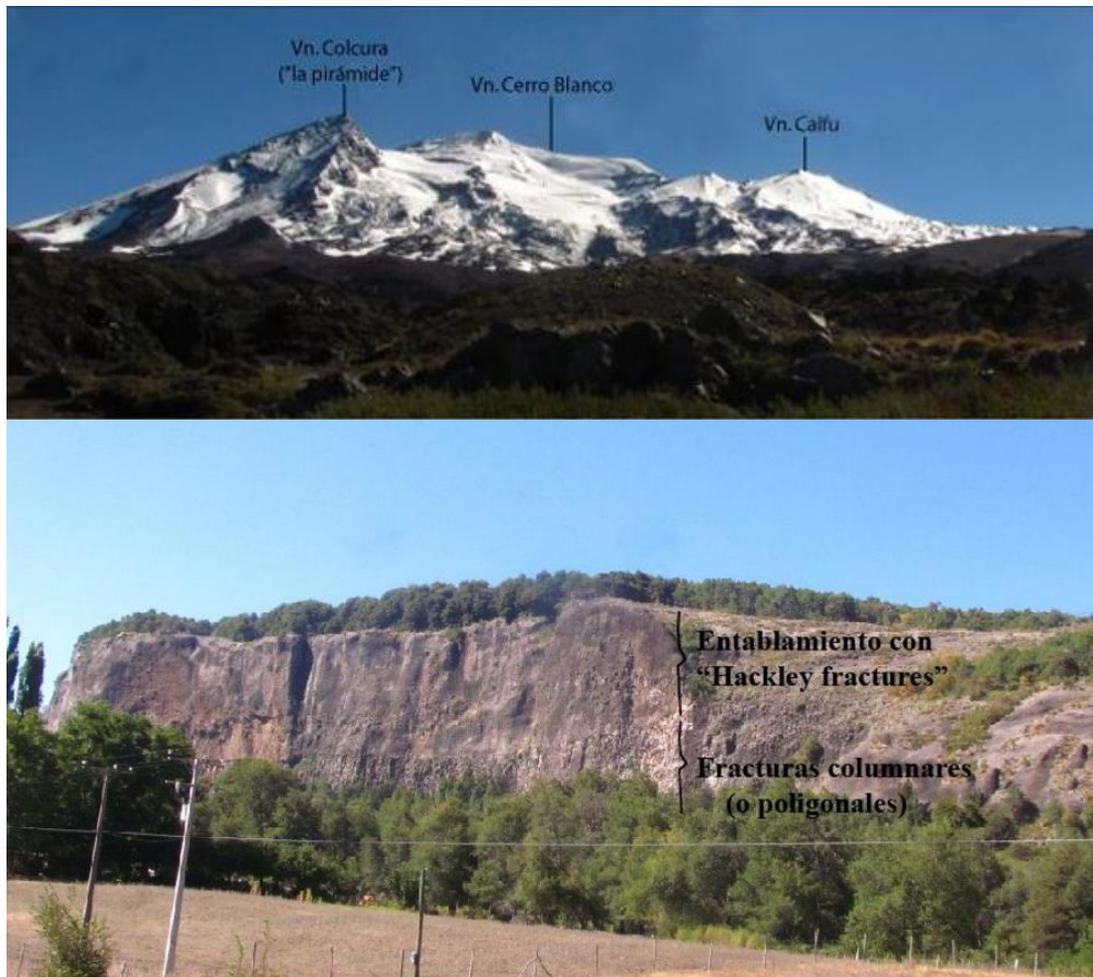


Figura 7.7. Subcomplejo volcánico Cerro Blanco. El Glaciar se encuentra cubriendo el Volcán Cerro Blanco en el medio (arriba). Lavas Los Pincheira en el valle del Estero Renegado. Se distinguen dos tipos de fracturas (tipo columnares y “hackley fractures”). Altura del acantilado ~125m (abajo). Extraído de Rivera (2014)

Cueva Los Pincheira: La cueva Los Pincheira es considerada patrimonio histórico. El geosítio se encuentra en una cavidad labrada bajo las lavas más antiguas del CVNCh, las Lavas Los Pincheira, de ~650 mil años. Dichas lavas son extensas (alcanzan hasta 40 km desde las cimas del actual CVNCh) y potentes (de 100 a 200 m de espesor) y se caracterizan por sus fracturas columnares (o “poligonal fractures”) en sus primeros 50 a 100m (Figura 7.7), sobre los cuales las rocas se encuentran fracturadas en concordancia con un patrón característico de las lavas que se enfrían en contacto con hielo glacial.

Volcán Parador (G4): El volcán Parador, localmente conocido como “El Renegado”, está compuesto por dos conos de escoria sin lava, uno de ~250 m de diámetro, y otro más pequeño a un costado, de ~80 m de diámetro. La ladera sur del volcán más pequeño está constituida por escoria

de color rojo producto de la oxidación de minerales de hierro, a diferencia del resto de los flancos, constituido por escoria principalmente de color negro (Figura 7.8).



Figura 7.8. Ascenso al Volcán Parador (izquierda). Lóbulo frontal de las lavas de Shangri-La (derecha). Extraído de Rivera (2014).

Lavas Shangri-La (G5): Conocidas localmente como “el escorial de Shangri-La”, en son lavas emitidas hace 7 mil años por el volcán Shangri-La, ubicada en el portezuelo entre los subcomplejos, y fluyó hacia el este, por el valle homónimo (Figura 7.8). Estas lavas se caracterizan por tener un color oscuro, fracturas que se asemejan al vidrio (fractura “concoidal”), y algunas inclusiones de otras.

Donoso (2017) destaca 7 geosítios, en especial La Punilla (G7), el único que obtuvo una clasificación “Alta” en las tres categorías de uso.

La Punilla: Corresponde a un afloramiento de la Formación Cura – Mallín, que es único por varias razones. Su ubicación a un lado del camino principal (Ruta N-31), ser un sitio poblado, corresponder a un lugar de pesca y recreación, y por estar en los bordes del Río Ñuble, desde donde sobresalen grandes bloques por sobre las aguas, dejando al descubierto aspectos petrológicos de las rocas volcanosedimentarias de la Formación Cura – Mallín (Figura 7.9). Entre la diversidad de estructuras volcánicas existentes en La Punilla, se encuentran depósitos piroclásticos de caída y depósitos de flujo, que muestran una estratificación notoria asimilable a distintos pulsos volcánicos.



Figura 7.9. Vista panorámica hacia el este en Geositio La Punilla. Extraído de Donoso (2017).

7.2. Metodología

Para la valoración del geopatrimonio se sigue la metodología cuantitativa utilizada en trabajos anteriores dentro de la reserva, para así lograr una estandarización de los resultados obtenidos. A pesar de esto, esta técnica trae de por sí un grado de subjetividad dado por el criterio de el/la evaluador/a al momento de enfrentar un potencial sitio de interés geológico. Algunos de estos criterios son los tipos de interés geológico, que pueden ser subvalorados o sobrevalorados, dependiendo de afinidad con una u otra área de las ciencias de la tierra al momento de evaluar. Como también la utilidad didáctica, ya que si es o no posible usar el geositio con fines didácticos depende cómo se aborden geositorios, para crear una experiencia educativa efectiva y significativa. Idealmente se debería buscar que el conocimiento llegue a todo tipo de público, con conocimiento básico y/o especializado.

Al aplicarse la metodología se observan patrones que resultan en la baja estimación generalizada de ciertos parámetros. El parámetro N°1 “Rareza”, posee un bajo puntaje en los miradores debido a que los aspectos geomorfológicos presentes, que son su principal atractivo, son comunes dentro de la geología de la región del Ñuble, por lo que su “rareza” es baja. Su puntaje se compensa de cierta forma en el parámetro N°2 “Representatividad”, ya que la geomorfología y geología de la zona son buenos ejemplos representativos del resto de la región. El parámetro N°3 “Grado de conocimiento científico”, se encuentra subestimado producto de que la reserva es una zona poco

estudiada. Esto no significa que su valor científico intrínseco sea bajo, pero sí que en las zonas visitadas no existen sitios de gran relevancia a nivel nacional, que logren captar la atención de la comunidad científica. Por último, los parámetros N°10 “accesibilidad vial” y N°12 “Grado de dificultad de acceso”, cuyos bajos valores son resultado de que los geositos se encuentran asociados a zonas de trekking, no existiendo accesos por bus o en auto en buen estado. El valor didáctico y turístico-recreativo podría aumentar significativamente si se potencia la implementación de infraestructura y accesos a lo largo de las rutas recorridas, y los geositos de la reserva en general.

La principal ventaja del método utilizado es que su fácil implementación, pues cada parámetro y criterio se encuentran bien definidos. Es de bastante utilidad en la confección de inventarios a escala comunal, cuyos objetivos apunten a la caracterización de los sitios con mayor relevancia considerando los distintos tipos de uso que cada sitio tiene o podría tener. Sin embargo, ya que para el inventario final se utiliza la suma de las tres categorías de uso (científico, didáctico, turístico-recreativo), se opacan los valores de aquellos geositos que tienen mejores ponderaciones en uso comparativamente con otro. Esto es de especial relevancia para el presente trabajo, con un rango “Bajo” generalizado para la categoría de uso “científico”, que afecta el puntaje total de los geositos. Por lo que se genera un ranking de geositos para cada categoría de uso de manera separada, que permite valorizar individualmente a cada geosito, dependiendo de los distintos objetivos de uso y estrategias de conservación que se pretendan aplicar (Tabla 7.1).

Tabla 7.1. Ranking de geositos para cada categoría de uso a partir de la valoración cuantitativa obtenida.

Geosito	Científico	Geosito	Didáctico	Geosito	T-R
Valle de Aguas Calientes	60	Mirador Fátima (2)	74	Valle de Aguas Calientes	84
Salto del Larqui	50	Salto El León	73	Salto El León	81
Mirador Volcanes	46	Cordillera de las Hornillas	71	Cordillera de las Hornillas	80
Mirador Tefra	43	Mirador Calabozo	71	Cementerio de Rocas	79
Escoriales	43	Cementerio de Rocas	69	Mirador Fátima (2)	78
Cordillera de las Hornillas	43	Mirador Volcanes	68	Salto del Larqui	76
Mirador Calabozo	43	Mirador Ñuble	65	Mirador Calabozo	75
Mirador Fátima (2)	39	Valle de Aguas Calientes	63	Mirador Fátima (1)	74
Salto El León	39	Mirador Lagunillas	61	Mirador Volcanes	73
Mirador Ñuble	38	Mirador Fátima (1)	54	Río Bolsico	68
Mirador Lagunillas	31	Escoriales	53	Mirador Lagunillas	64
Cementerio de Rocas	29	Río Bolsico	53	Mirador Ñuble	64
Quebrada Salvación	29	Mirador Tefra	51	Mirador Antena	59
Mirador Fátima (1)	29	Salto del Larqui	51	Mirador Tefra	58
Mirador Antena	26	Mirador Antena	46	Escoriales	56
Río Bolsico	25	Quebrada Salvación	46	Quebrada Salvación	56

Los geositorios que obtuvieron un puntaje “Alto” en la categoría de “uso científico” (Tabla 7.1) son: Valle de Aguas Calientes (G7), Saltos del Larqui (G5) y Mirador Volcanes (G8). Los altos puntajes que obtuvieron estos sitios se asocian principalmente a que son citados en tesis u otro tipo de publicación técnico-científica (parámetro N° 3, “Grado de conocimiento científico). Además, presentan condiciones de observación optimas, pudiendo observar e identificar sin dificultad todas las características geológicas relevantes (parámetro N°7, “Condiciones de observación”).

La cuantificación de la categoría de “uso didáctico”, obtuvo 6 geositorios en la categoría “Alto”: Mirador Fátima (2) (G13), Salto El León (G16), Cordillera de las Hornillas (G10), Mirador Calabozo (G15), Cementerio de Rocas (G9) y Mirador Volcanes (G8). Todos estos geositorios, a excepción de “Salto El León”, poseen acceso a pie a más de 1 km desde vehículo, lo que disminuye drásticamente su ponderación en el parámetro N°10 “Accesibilidad vial”. Sin embargo, las condiciones de observación (parámetro N°7) son óptimas y poseen una mediana a baja dificultad de acceso (parámetro N°12), posibilitando la visita de estudiantes y/o pequeños grupos interesados en observar de manera precisa los procesos geológicos que han dado origen a estos afloramientos (parámetro N°8, “Utilidad didáctica”).

La categoría de uso Turístico-Recreativo (TR), ha resultado con 6 geositorios en la categoría “Alto”: Valle de Aguas Calientes (G7), Salto El León (G16), Cordillera de las Hornillas (G10), Cementerio de Rocas (G9), Mirador Fátima (2) (G13) y Saltos del Larqui (G5). Destaca el puntaje en el parámetro N°18 “Uso actual”, ya que las rutas se encuentran asociadas al proyecto FIC, que tiene como propósito fomentar el desarrollo económico de la zona, que puede ser promovido mediante servicios ofrecidos por emprendedores locales (cabalgatas, trekking, etc).

8. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En cuanto a la geología del área de estudio, han sido corroboradas en terreno las unidades expuestas en la Carta Geológica Hoja Laguna del Maule de Muñoz y Niemeyer (1984) y la Carta Geológica del Complejo Volcánico Nevados de Chillán de Naranjo et al. (2008), que corresponden a la Formación Cura-Mallín, el Batolito Santa Gertrudis-Bullileo, la Formación Cola de Zorro, y el volcanismo activo y ancestral de los Nevados de Chillán. La ocurrencia de estas unidades permite entender la geología histórica, geomorfología y volcanología de la zona centro sur del Chile al ser estas unidades representativas de la región. Sin embargo, la geodiversidad observada en las rutas recorridas es escasa, así como su interés científico, esto no quiere decir que sea así en la totalidad de la reserva, ya que el Complejo Volcánico Nevados de Chillán y la Laguna del Laja son ricos en literatura, y aún hay muchas rutas para explorar en la reserva debido al tamaño de ésta.

Por el contrario, al ser el área de estudio una zona representativa de geodiversidad, indica que posee un alto valor didáctico, y la gran cantidad de lagunas y saltos aportan un gran valor turístico a la zona. El manejo responsable de las rutas identificadas puede llegar a beneficiar económicamente a los habitantes de la zona, que pueden ofrecer rutas de trekking, cabalgatas u otros servicios, incluyendo en el relato un contenido geológico, que le entrega un valor agregado a sus servicios. Para esto se necesita el desarrollo de infraestructura y senderos en los miradores, que hasta el momento son casi inexistentes, factor que dificulta que los sitios de interés geológicos mapeados puedan transformarse y ser reconocidos eventualmente como geositios, así como también su cuidado y preservación.

El potencial geológico de uso científico, turístico y educativo, que se puede apreciar en lugares como la Reserva Nacional Ñuble, el Parque Nacional Laguna del Laja, el Volcán Antuco, la Sierra Velluda, el Complejo Volcánico Nevados de Chillán, la Laguna de la Plata, el Cerro Malalcura, el Río Diguillín, Polcura, Ñuble, Laja, entre otros, evidencia la capacidad de posicionar la reserva como un destino geológico de alcance internacional. Sin embargo, la mayoría de los puntos de interés geológico en la región no están debidamente reconocidos ni amparados por algún marco legal de protección. En este contexto, la valoración del patrimonio geológico abre la puerta a la creación de iniciativas de conservación y a la promoción de nuevas formas de educación y empleo, promoviendo al mismo tiempo la preservación del entorno natural. El geopatrimonio aprovecha los recursos existentes, lo que implica que no es necesaria una inversión significativa en

infraestructura, lo cual puede beneficiar a la comunidad local. Además, dado que suele ubicarse en áreas rurales, contribuye a revitalizar estos lugares apartados.

Con respecto a la cuantificación del Patrimonio Geológico, se concluye que la metodología utilizada para dicha evaluación cumple con los objetivos planteados en el estudio, seleccionando en la presente investigación 7 sitios y miradores de interés geológico “Alto” a “Medio”. En total, 71 geositios han sido reconocidos dentro de la Reserva de la Biósfera; 13 corresponden a Donoso (2017), 20 a Rivera (2014), 31 a Urrutia (2018) y 7 a la presente investigación, representando los distintos contextos geológicos reconocidos en ella. Además, las investigaciones han generado sus respectivos mapas geológicos, y han sido propuestas 3 nuevas georutas. Estas permiten reconocer la evolución geológica de la zona, recorriendo los geositios inventariados, incluyendo aquellos no considerados en el inventario final, incorporándose a las georutas ya propuestas dentro de la Reserva.

El potencial geológico, de carácter científico, turístico o educativo, tiene la capacidad de proyectar la reserva como un destino geológico de nivel internacional, sin embargo, la gran mayoría de los atractivos geológicos en el sector no se encuentran valorizados, ni enmarcados dentro de alguna iniciativa de protección legal. Por esto, es que la caracterización y posterior cuantificación, valorización y difusión del geopatrimonio, es una herramienta fundamental para aprovechar este potencial, generar mecanismos de protección, y democratizar el conocimiento. El patrimonio geológico es de todos, y se debería buscar que su disponibilidad sea universal, sin importar su nivel de conocimiento o estatus social.

REFERENCIAS

- Benado, J. (2013). Patrimonio geológico del proyecto Geoparque Cajón del Maipo (Santiago, Chile). *Tesis de magister, Universidade do Minho, Portugal*.
- Brilha, J. (2005). Patrimonio Geológico y Geoconservación: la conservación de la naturaleza en su vertiente geológica.
- Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 1-16.
- Carcavilla, L., J., L.-M., & Durán, J. (2007). Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. *Instituto Geológico y Minero de España, Serie Cuadernos del Museo Geominero, nº 7, Madrid*, 360 p.
- Carcavilla, L., Belmonte, A., Durán, J. J., & Hilario, A. (2011). Geoturismo: concepto y perspectivas en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(1), 81-81.
- Carpinelli, A. (2000). *Análisis estratigráfico, paleoambiental, estructural y modelo tectono-estratigráfico de la Cuenca Cura-Mallín VIII y IX Región, Chile. Provincia del Neuquén, Argentina*. Memoria de Título, Universidad de Concepción, Chile.
- Charrier, R., Flynn, J., Wyss, A., & Croft, D. (2015). Marco geológico-tectónico, contenido fosilífero y cronología de los yacimientos cenozoicos prepleistocénicos de mamíferos terrestres fósiles de Chile. *Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, 63: 293-338.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF). (1997). *Plan de manejo Reserva Forestal Ñuble*. Región del Biobío, Chile.
- Del Ramo, A., Guillén, F., Faz, A. (2004). Difusión del patrimonio geológico en la sociedad: aplicación al municipio de Molina de Segura (Murcia). *Patrimonio Geológico: Cultura, Turismo y Medio Ambiente*. Universidad de Murcia. Murcia 155-162.
- Donoso, L. (2017). Geología, Geomorfología y Caracterización del Patrimonio Geológico entorno a la Cuenca del Río Ñuble, Región del Biobío, Chile. *Memoria para optar al Título de Geóloga. Universidad de Concepción, Chile*.
- Fernández, J. (2007), Identificación y evaluación de Geositios en el Parque Nacional Torres del Paine, *Memoria de título, Universidad de Chile, Santiago, Chile*.
- Flynn, J., Charrier, R., Croft, D., Gans, P., & Herriott, T. (2008). Chronologic implications of new Miocene mammals from the Cura-Mallín and Trapa-Trapa formations, Laguna del Laja area, south central Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 26: 412-423.

- Gajardo, M. (1983). Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena. *CONAF - Universidad de Chile*.
- González, O., & Vergara, M. (1962). Reconocimiento geológico de la Cordillera de Los Andes entre los paralelos 35° y 38° S. *Universidad de Chile, Instituto de Geología, Publicación No. 24*, 119 p.
- Grau, J. 1995. Grau, J. (1995). Aspectos geográficos de la flora de Chile. *Flora de Chile, 1*, 63-83.
- Gray, M. (2013). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. (2da.ed). Wiley–Blackwell.
- Hoffmann, J. (1997). *Flora silvestre de Chile. Zona araucana; una guía ilustrada para la identificación de las especies de plantas leñosas del sur de Chile (entre el río Maule y el seno de Relocaví*. 4a. edición. Santiago, Chile: Fundación Claudio Gay.
- Hose, T. A. (2006). Geotourism and interpretation. *Geotourism, 2006*, 221-241.
- Jordan, T., Burns, W., Veiga, R., Pángaro, F., Copeland, P., Kelley, S., & Mpodozis, C. (2001). Extension and basin formation in the Southern Andes caused by increased convergence rate: Amid-Cenozoic trigger for the Andes. *Tectonics, 20*(3), p. 308-324.
- Mardones, R. (2012). Valoración de Potenciales Geositios en el Campo Volcánico Pali Aike, XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, Chile. *Memoria para optar al Título de Geólogo (inédito), Departamento de Geología. Universidad de Chile*.
- Martínez, P. (2010). *Identificación, caracterización y cuantificación de Geositios, para la creación del I Geoparque en Chile, en torno al Parque Nacional Conguillío*.
- Melnick, D., Rosenau, M., Folguera, A., & Echtler, H. (2006). *Evolución tectónica neógena del flanco oeste de los Andes de Neuquén (37-39°S)*. Geological Society of America; 2006; 73-95.
- Mourgues, F. A., Contreras, K., Schilling, M. E., Benado, J., & Partarrieu, D. (2016). Patrimonio geológico y su conservación en América Latina. Situación y perspectivas nacionales. En J. Palacio Prieto (Ed.), *Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México* (págs. p. 81-120). Coyoacán, México: Colección: Geografía para el siglo XXI. Serie: Libros de investigación, núm.18.
- Mourgues, F. A., Schilling, M., & Castro, C. (2012). Propuesta de definición de los Contextos Geológicos Chilenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional. *En actas del XIII Congreso Geológico Chileno, Antofagasta* (pp. 887-889).
- Naranjo, J. A., Gilbert, J. S., & Sparks, R. S. (2008). Geología del complejo volcánico Nevados de Chillán, Región del Biobío. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 114*: 28 p.

- Niemeyer, H., & Muñoz, J. (1983). Hoja Laguna de la Laja. Región del Bío Bío. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile*, escala 1:250.000
- Partarrieu, D. (2013). Inventario de geositios en la comuna de Lonquimay, para la creación del Geoparque Kütralkura, IX Región de la Araucanía. *Memoria para optar al Título de Geólogo (inédito)*, Universidad de Chile, Departamento de Geología, 152.
- Radic, J., Rojas, L., Carpinelli, A., & Zurita, E. (2002). Evolución tectónica de la cuenca Terciaria de Cura-Mallín región Cordillerana Chileno Argentina (36°30'39°00'S). En *Congreso Geológico Argentino* (Vol. 15, pp. 233-241).
- Ramírez, G. (2012). Contexto geológico del parque biológico Punta Totoralillo y morfología de cavidades en el Zoológico de Piedra, III Región de Atacama, Chile. *Memoria para optar al Título de Geólogo (inédito)*, Universidad de Chile, Departamento de Geología, 121 p.
- Rivera, R. (2014). Geología, Geomorfología y Geopatrimonio en el Complejo Volcánico Nevados de Chillán, Región del Bío Bío, Chile. Noviembre. *Memoria para optar a título de Geóloga. Universidad de Concepción, Chile*, 216.
- Rodríguez, C. (2013). Patrimonio geológico en la ciudad de Santiago: caracterización y valoración de geositios en torno a un núcleo urbano. *Memoria para optar al título de geólogo, Departamento de Geología, Universidad de Chile*, 116.
- Sharples, C. (1995). Geoconservation in forest management-principles and procedures. *TASFORESTS-HOBART-*, 7, 37-50
- Sharples, C. (2002). Conceptos y principios de geoconservación. *Tasmanian Parks & Wildlife Service, Hobart*.
- Suárez, M., Emparan, C. & Muñoz, J. (1997). Hoja Curacautin: regiones de la Araucania y del Biobio. *Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile*. n.71, 1997, 105 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (1972). Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural. *Actas de 17a reunión*.
- Urresty, C. (2011), “Caracterización y evaluación del patrimonio geológico del Parque Nacional Bernardo O’Higgins”, en *Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile*, No. 1, Actas, pp. 143-146.
- Valdebenito, O. (2002). Ecoturismo en el Valle Las Trancas. *Proyecto de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo (inédito)*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 112 p.

- Vergara, M., & Muñoz, J. (1982). La Formación Cola de Zorro en la alta cordillera Andina Chilena (36°–39° Lat. S), sus características petrográficas y petrológicas. Una revisión: *Revista Geológica de Chile*, v. 17, p. 31–46.
- Wimbledon, W., Ishchenko, A., Gerasimenko, N., Karis, L., Suominen, V., Johansson, C., y otros. (2000). Geositios - Una iniciativa IUGS: ciencia apoyada por la conservación. *en D. Baretino, W. A. P. Wimbledon y E. Gallego (eds.), Patrimonio Geológico: su conservación y gestión, Madrid, España* (pp. 69-94).

ANEXOS

ANEXO I: Contextos geológicos chilenos preliminares (modificado de Mourgues et al., 2012).

Fuente: Patrimonio geológico y su conservación en América Latina, 2016.

1. Magmatismo Paleozoico (MgPz)
2. Magmatismo Mesozoico (MgMz)
3. Magmatismo y vulcanismo Cenozoico (MgVCz)
4. Arco volcánico del Mesozoico (AcMz)
5. Vulcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ)
6. Islas y piso oceánicos (IO)
7. Terrenos exóticos y complejos de acreción (TCA)
8. Series sedimentarias del Paleozoico (SSPz)
9. Series continentales mesozoicas y sus fósiles (SCMz)
10. Cuencas marinas del Triásico, Jurásico y Cretácico basal (SMTrJ)
11. Cuencas marinas del Cretácico Inferior (SMKi)
12. El Cretácico Superior marino de Magallanes y Chile central (SMKi)
13. Series continentales cenozoicas y sus fósiles (SCCz)
14. Series marinas cenozoicas y sus fósiles (SMCz)
15. Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ)
16. Borde costero (BC)
17. Procesos, geoformas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGl)
18. Desierto de Atacama (DA)
19. Ambientes continentales del Cuaternario, la megafauna y los primeros habitantes de América (ACQ)
20. Campos de hielo e inlandsis antártico (CHA)
21. Mega estructuras, tectónica andina y neotectónica (TEC)
22. Geoformas por impactos y materiales del sistema solar incorporados a la Tierra (Lss)

ANEXO II: Georutas en el Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja.

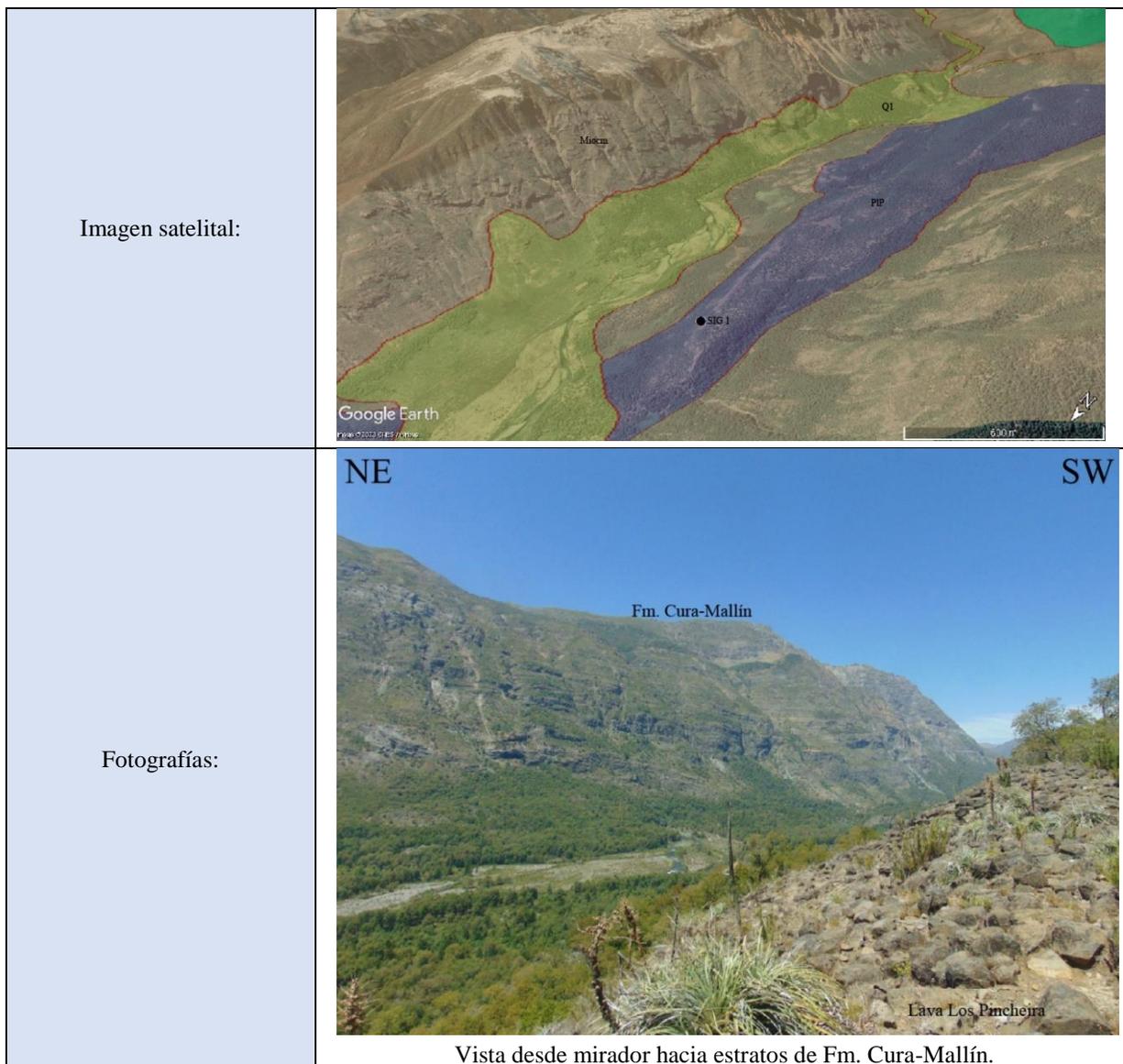
Georutas propuestas por las investigaciones de patrimonio geológico realizadas por Rivera (2014), Donoso (2017), Urrutia (2018) y la presente investigación. Nomenclatura geositos: Rivera (GR), Donoso (GD), Urrutia (GU) y Galvez (GG).

Georuta	Geositos	Distancia (Km)	Duración Aprox	Dificultad
Los Sauces- Aguas Calientes	Mirador Ñuble (GG1) - Saltos de Agua (GG2) - Aguas Calientes (GR8)- Mirador Volcanes (GG3)	27	2 días	Media- Alta
Las Lumas	Cementerio de Rocas (GG4) - Cordillera de las Hornillas (GG5)	7	1 día	Media- Baja
Ranchillo	Mirador Fátima 2 (GG6) - Mirador Calabozo (GG7) - Salto El León (GG8)	17	1 día	Media
Malalcura	Cerro Malalcura (GD2)- Estero Piedras (GD3)	12	2 días	Baja - Media
Bullileo	Laguna La Plata (GD4) - Laguna Añil (GD5)	13	2 días	Baja - Media
Palo Seco	Las Lagunas (GD9) - Laguna Chacayal (GD10)	17	4 días	Media - Alta
Evolucion Geologico del Valle Ñuble	El Valiente (GD1) - Puente Inglés (GD7) - El Roble y Las Minas (GD13) - Valle El Gato (GD12)	57	4 a 5 días	Baja - Media
De Shangri-la al Glaciar Blanco	Lavas Shangri-la (GR5) - Refugio Waldorf (GR14)- Glaciar Cerro Blanco (GR1)	10	1 a 2 días	Muy Alta
De Las Termas al Valle de Aguas Calientes	Sector Fumarolas (GR9) - Aguas Calientes (GR8)	6	1 día	Media - Alta
De Shangri-la al Volcan Parador	Lavas Shangri-la (GR5) - P.L.C.L. (GR6) - Volcán Parador (GR4)	5	1 día	Media
De Shangri a la Garganta del Diablo	Lavas Shangri-la (GR5) - P.L.C.L. (GR6) - Garganta del Diablo (GR10)	7	1 día	Media
Del Hotel Termas de Chillan a la Garganta del Diablo	Garganta del Diablo (GR10)	3,5	1/2 día	Media

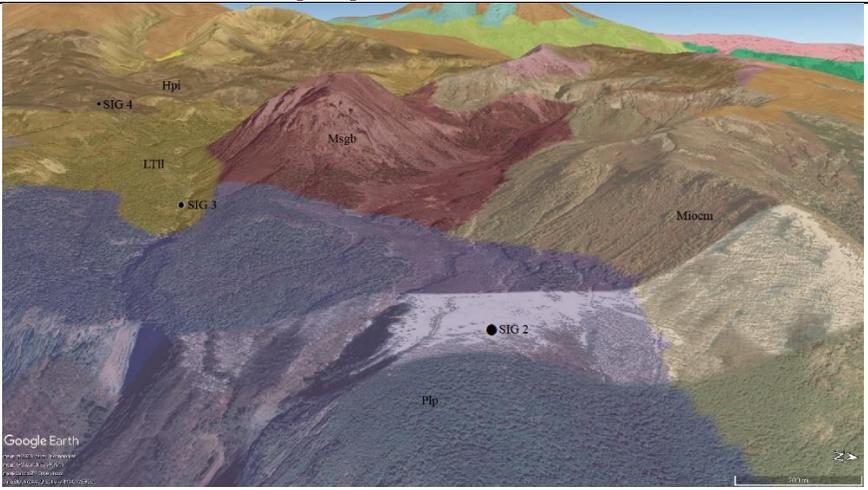
De Complejo Ruka-Pirén al Palo Huacho	Cascada Aserradero (GR30) - Palo Huacho (GR31)	3,5	1/2 día	Media
De Shangri-la a la Laguna El Huemul	Laguna Huemul (GR13)	4	1 día	Baja - Media
De Las Trancas a la Laguna El Huemul	Lavas Shangri-la (GR5) - Laguna Huemul (GR13)	2	1/2 día	Alta
De Las Trancas al Patio del Cóndor	Mirador Las Trancas (MIG1) - Patio del Cóndor (GR7)	3,5	1/2 día	Media - Alta
Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.	Puente Inglés (GD7), Junta del Gato (GD11), Roble y Las Minas (GD13), Aguas Calientes (GR8), Termas Los Peucos (GU17), Cerro Las Mariposas (GU10), Laguna El Toro y Cóndores (GU21), Cerro El Toro (GU16)	150	11 días	Alta
Reserva Ñuble Parque Nacional Laguna del Laja	Cañón Salto río Seco (GU23) Laguna El Potro (G26), Salto estero Piedras Azules (G28), Salto El Blanquillo (GU15), Cerro Las Mariposas (GU10), Laguna El Toro y Cóndores (GU21), Cerro El Toro (GU16)	74	5 días	Alta
Travesía Volcán Antuco	Cerro Cóndor (GU18), Quebrada Sierra Velluda (GU2), Pahoehoe Toes (GU19), Centro Eruptivo Los Pangues (GU3), Centro Eruptivo Herradura (GU5), Valle de la Luna (GU8), Mirador Laguna del Laja (MIG4), La Cortina (GU4)	36	2 días	Media
Las maravillas de Antuco (Ruta Inclusiva)	Escalada Villa Peluca (GU11), Saltos Malalcura (GU6), Peñón del Diablo (GU20), Salto Trubunleo (GU12), Mirador sendero Las Chilcas (MIG3), Cerro Amarillo Avalancha (GU13), La Cortina (GU4), Centro Eruptivo Herradura (GU5), Mirador Laguna del Laja (MIG4), Anticlinal volcado Curamallín (GU1), Piedra del Indio (24), Cerro Campamento (GU22), Mirador Paso Pichachén (MIG5).	77	1 días	Baja

ANEXO III: Fichas descriptivas

Código	Nombre		
LS-AC SIG1	Mirador Ñuble		
Coordenadas:	298049		5926960
Localidad:	Coironal	Comuna:	San Fabián
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillán	80	Bus	20
Coihueco	60	Auto corriente	3
San Fabián de Alico	30	4x4	-
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus obliqua</i> (Hualle), <i>Austrocedrus chilensis</i> (Ciprés de la cordillera), <i>Lomatia hirsuta</i> (Radal) y <i>Nothofagus dombieyi</i> (Coigüe). En el mirador se encuentran <i>Puya sp.</i> (chagual). Fauna; <i>Accipiter bicolor chilensis</i> (Peuquito)		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ); Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ).		
Tipo de interés geológico:	Geomorfológico, Estructural, Volcánico, Fluvial		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Buena para todas las características geológicas relevantes		
*Situación legal:	Dentro de la zona de amortiguación de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Terreno Privado.		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Posible recolección de algunas muestras, pero con restricciones.		
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Se encuentra dentro de la zona de riesgos volcánico asociado al Complejo Volcánico Nevados de Chillán.		
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta "El Roble Huacho", lugar donde se continúa por el sendero por 5 km.		
Descripción:	Mirador apartado unos 20 metros del sendero principal, en el cual es posible apreciar con claridad el valle del río Ñuble y la dinámica del mismo. El mirador se encuentra sobre la unidad Lava Los Pincheira. En la pared E del valle del río Ñuble se siguen viendo los afloramientos de la Formación Cura-Mallín, siendo capas estratificadas de depósitos volcánicos. En estas capas se observa un pequeño pliegue anticlinal y otro sinclinal.		



Código	Nombre		
LS-AC SIG2	Mirador Lagunillas		
Coordenadas:	295950		5922133
Localidad:	-	Comuna:	Coihueco
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillán	80	Bus	17
Coihueco	60	Auto corriente	9
San Fabián de Alico	30	4x4	-
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus obliqua</i> (Hualle), <i>Lomatia hirsuta</i> (Radal) y <i>Nothofagus dombieyi</i> (Coigüe).		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		

Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ); Magmatismo y vulcanismo Cenozoico (MgVCz).
Tipo de interés geológico:	Vulcanología, Geomorfología, Petrografía Sedimentaria.
Publicaciones que lo incluyen:	No existen
Localidad tipo:	No
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada
*Condiciones de observación:	Buena para todas las características geológicas relevantes
*Situación legal:	Dentro de la zona de amortiguación de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Terreno Privado.
*Posibilidad de recolección de objetos:	No es posible
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Se encuentra dentro de la zona de riesgos volcánico asociado al Complejo Volcánico Nevados de Chillán.
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta "El Roble Huacho", lugar donde se continúa por el sendero por 12 km.
Descripción:	Mirador en que es posible observar diferentes unidades geológicas. En primer lugar, se observa la unidad Lava Los Pincheiras, la cual está cubierta por abundante vegetación. También es posible apreciar el cerro Lagunillas, el cual corresponde a capas estratificadas de la Formación Cura-Mallín. Ya más atrás en el paisaje se ve el complejo volcánico actual, pudiendo ser reconocidos el volcán Chillán con el cráter Nicanor y el volcán Nevados de Chillán. Unos 200 metros antes del sitio, afloran rocas sedimentarias de origen lacustre, las cuales son parte de los cuerpos continentales aislados característicos de la Formación Cura-Mallín. Corresponden a lutitas, las cuales tienen pirita formada en ambientes reductores, donde el Fe disuelto reacciona con el S, precipitando en condiciones reductoras.
Imagen satelital:	

Fotografías:



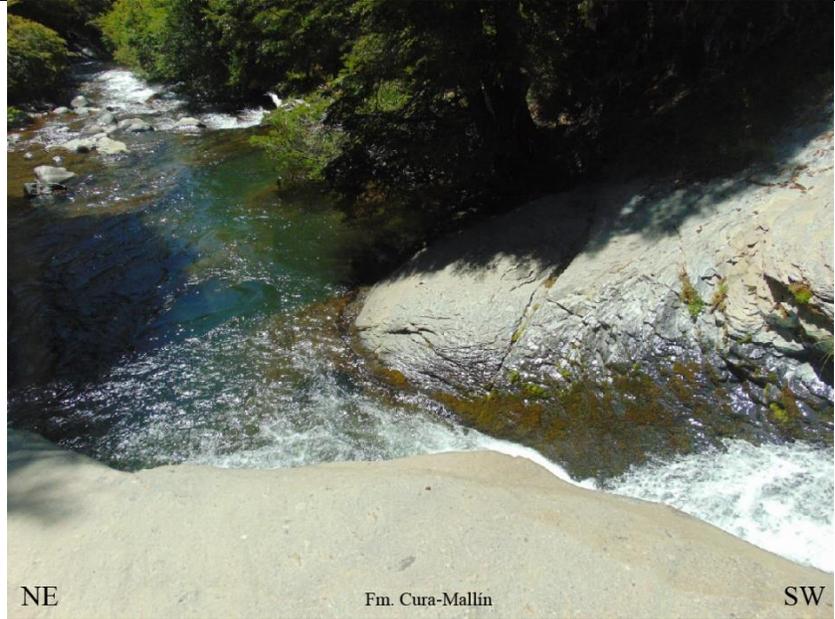
Vista desde mirador hacia estratos de Fm. Cura-Mallín.



Lutitas pertenecientes a Fm. Cura-Mallín.

Código	Nombre		
LS-AC SIG3	Cruce río Bolsico		
Coordenadas:	294613		5920699
Localidad:	-	Comuna:	Coihueco
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillán	80	Bus	15
Coihueco	60	Auto corriente	11
San Fabián de Alico	30	4x4	-
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus obliqua</i> (Hualle), <i>Lomatia hirsuta</i> (Radal) y <i>Nothofagus dombieyi</i> (Coigüe), con presencia de <i>Nothofagus antartica</i> (Ñirre).		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ); Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ).		
Tipo de interés geológico:	Hidrogeología, Petrografía, Geomorfología.		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Buena para todas las características geológicas relevantes		
*Situación legal:	Dentro de la zona de amortiguación de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Terreno Privado.		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio.		
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Se encuentra dentro de la zona de riesgos volcánico asociado al Complejo Volcánico Nevados de Chillán.		
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta "El Roble Huacho", lugar donde se continúa por el sendero por 15 km.		
Descripción:	En el sector del río bolsico donde se cruza con el sendero se forma un pequeño salto de agua, el cual aparentemente corresponde a un knick point estructural. La litología presente corresponde a tobas de lapilli líticas, con componentes variados (polimíctica).		
Imagen satelital:	 <p>The satellite image shows a landscape with various geological features. Labels include 'Msgb' (Mesozoic), 'Miocm' (Miocene), 'LTI' (Litostratigraphic Unit), 'SIG 3' (the study site), and 'Plp' (Pliocene). The terrain is rugged with distinct color zones representing different geological units. A small black dot marks the location of SIG 3. The Google Earth logo is visible in the bottom left corner.</p>		

Fotografías:



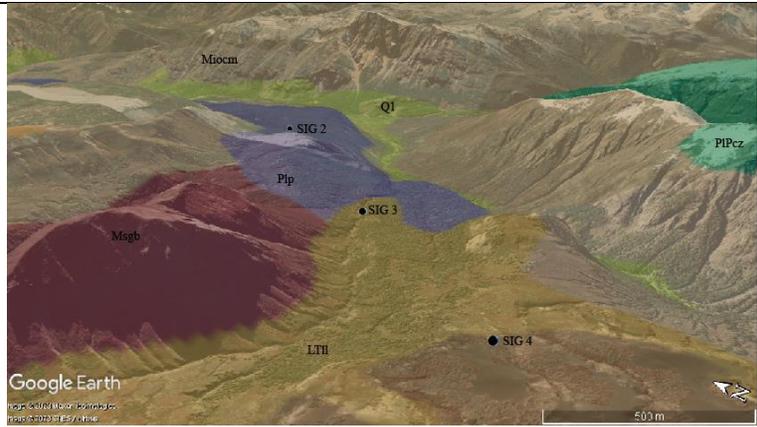
Salto del rio Bolsico sobre afloramientos de Fm. Cura-Mallín.



Tobas de lapilli líticas pertenecientes a Fm. Cura-Mallín.

Código	Nombre		
LS-AC SIG4	Mirador Tefra		
Coordenadas:	293197		5919465
Localidad:	-	Comuna:	Coihueco
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillán	80	Bus	13
Coihueco	60	Auto corriente	13
San Fabián de Alico	30	4x4	-
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus antartica</i> (Ñirre) como parte del matorral de altura.		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ); Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgsQ).		
Tipo de interés geológico:	Geomorfológico, Geología Histórica.		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Óptimas para todas las características geológicas relevantes.		
*Situación legal:	Dentro de la zona de amortiguación de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Terreno Privado.		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Posible recolección de algunas muestras, pero con restricciones.		
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Se encuentra dentro de la zona de riesgos volcánico asociado al Complejo Volcánico Nevados de Chillán.		
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta "El Roble Huacho", lugar donde se continúa por el sendero por 19 km.		
Descripción:	Corresponde a un mirador ubicado en los depósitos de caída no consolidados del Complejo Volcánico Nevados de Chillán. Dentro de las vistas se encuentran gran parte de los contextos geológicos presentes en el área. Mirando hacia el E afloran rocas de la Formación Cura-Mallín, en la pared E del valle del río Ñuble. Mirando hacia el sector norte es posible apreciar rocas de Batolito Santa Gertrudis, junto con la cubierta de las lavas del Pleistoceno, específicamente la unidad Lava Los Pincheiras. Mirando hacia el W se observa el complejo volcánico actual, con los volcanes y sus depósitos correspondientes (volcánicos y volcanoclásticos). Mirando hacia el S es posible ver como afloran rocas de la Formación Cola de Zorro, siendo identificadas por ubicarse en los altos topográficos y estar sub-horizontales.		

Imagen satelital:



Fotografías:

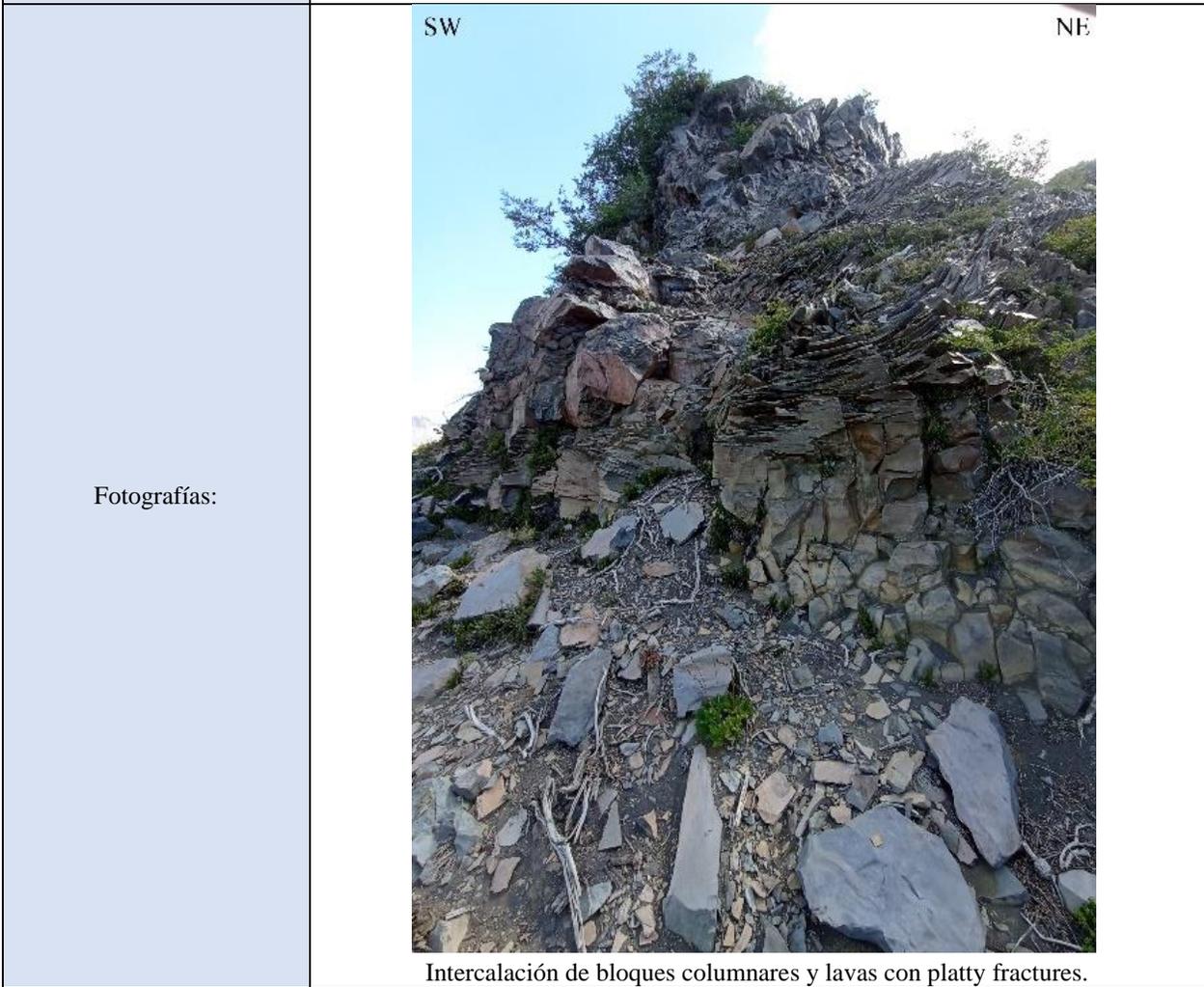
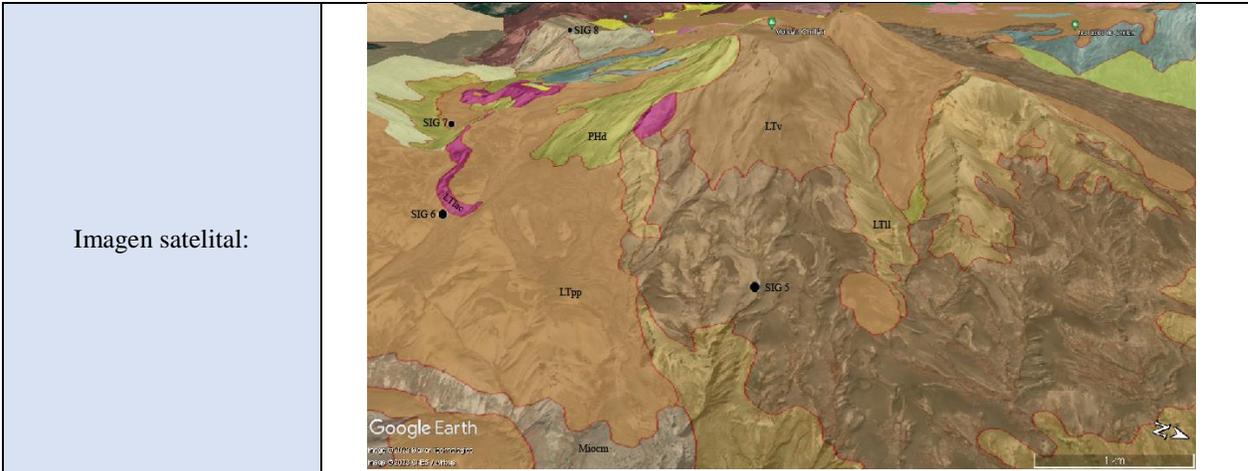


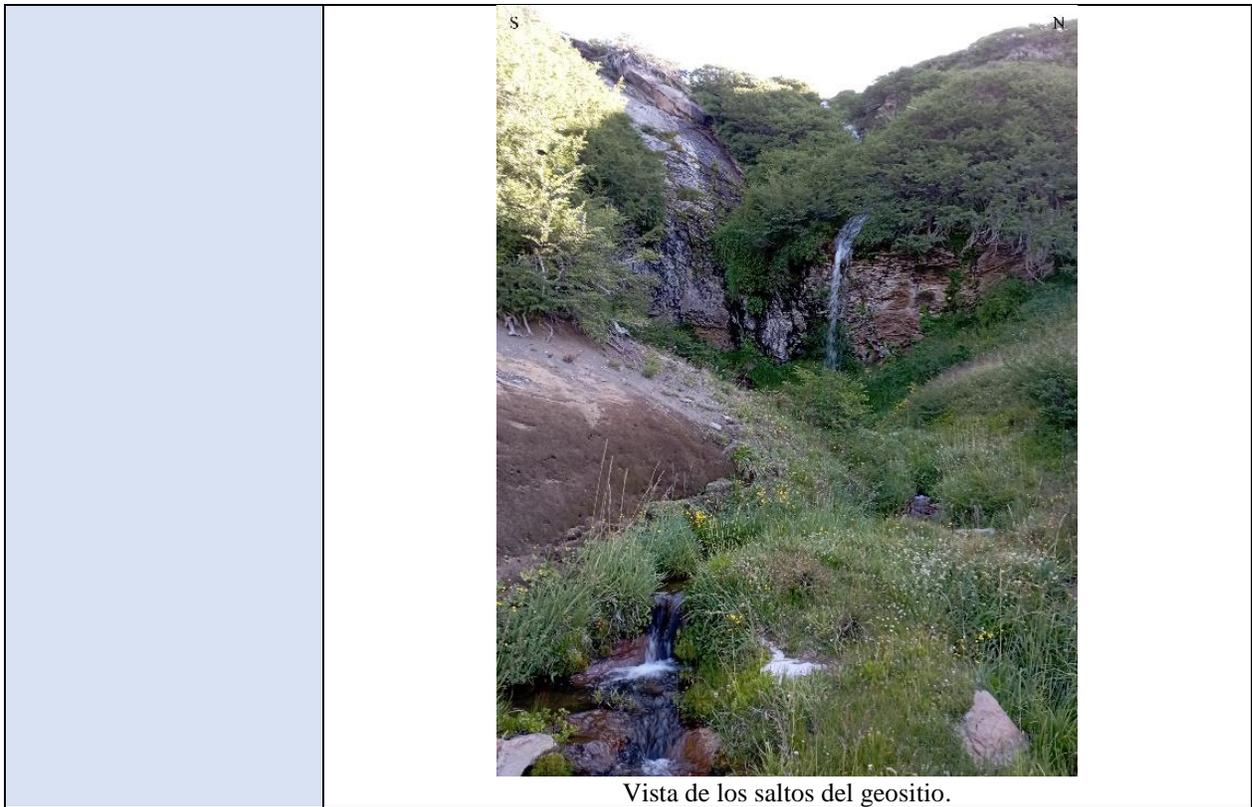
Vista desde mirador hacia batolito Santa Gertrudis-Bullileo.



Depósitos de caída no consolidados que cubren el mirador.

Código	Nombre	
LS-AC SIG5	Salto del Larqui	
Coordenadas:	292102	5917675
Localidad:	-	Comuna: Coihueco
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:	
Chillan	Bus	9
Coihueco	Auto corriente	9
San Fabián de Alico	4x4	-
Uso actual:	-	
*Asociación con elementos de índole natural:	Al ser de las pocas fuentes de agua en el área, el lugar es un pequeño oasis donde se congregan las especies presentes en la zona.	
*Asociación con elementos de índole cultural:	Debido a la presencia de agua es un sector utilizado para las veranadas.	
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ); Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ); Procesos, geofomas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI).	
Tipo de interés geológico:	Geomorfológico, Vulcanología, hidrogeológico.	
Publicaciones que lo incluyen:	No existen.	
Localidad tipo:	No	
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada	
*Condiciones de observación:	Óptimas, pueden ser observadas e identificadas sin dificultad	
*Situación legal:	Dentro de la zona de amortiguación de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Terreno Privado.	
*Posibilidad de recolección de objetos:	Posible recolección de algunas muestras, pero con restricciones.	
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.	
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Se encuentra dentro de la zona de riesgos volcánico asociado al Complejo Volcánico Nevados de Chillán.	
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta "El Roble Huacho", lugar donde se continúa por el sendero por 22 km.	
Descripción:	Serie de saltos de aguas que nacen de los relictos de los glaciares presentes en las laderas de los volcanes del CVNCh. En el sector se tienen buenas vistas al CVNCh, como también a los sectores recorridos durante la subida, lo que corresponde a los depósitos de caída de los volcanes. Afloran coladas de lava con intercalaciones de bloques columnares y lavas con platty fractures, características de la parte interior de las lavas de ambientes sub-glaciales, correspondientes de los distintos ciclos eruptivos de los volcanes presentes en el área.	



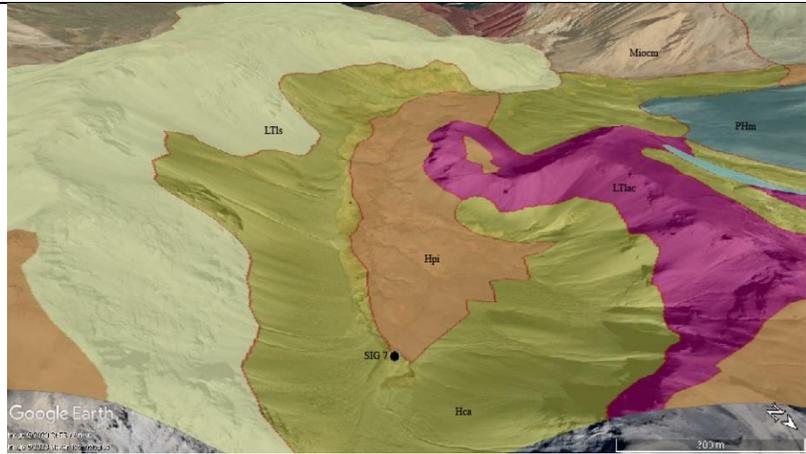


Código	Nombre		
LS-AC SIG6	Escoriales		
Coordenadas:	292313		5914965
Localidad:	-	Comuna:	Coihueco
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillán	80	Bus	6.5
Coihueco	12	Auto corriente	6.5
San Fabián de Alico	30	4x4	-
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	No Presenta.		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ); Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ).		
Tipo de interés geológico:	Vulcanología, Geomorfología		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Buena para todas las características geológicas relevantes		
*Situación legal:	Dentro de la zona de amortiguación de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Terreno Privado.		

*Posibilidad de recolección de objetos:	Posible.
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Se encuentra dentro de la zona de riesgos volcánico asociado al Complejo Volcánico Nevados de Chillán.
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta "El Roble Huacho", lugar donde se continúa por el sendero por 24 km.
Descripción:	Mirador apartado unos 20 metros del sendero principal, en el cual es posible Depósitos de escoria volcánica, correspondiente al vulcanismo actual del CVNCh. También es posible observar diaclasamiento columnar en lavas pertenecientes al vulcanismo Pleistoceno (Lavas Aguas Calientes).
Imagen satelital:	
Fotografías:	 <p data-bbox="743 1709 1279 1738">Vista desde mirador hacia Lavas Aguas Calientes.</p>

Código	Nombre		
LS-AC SIG 7	Valle de Aguas Calientes		
Coordenadas:	290548		5913420
Localidad:	-	Comuna:	Pinto
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillan	80	Bus	4.5
Las Trancas	12	Auto corriente	4.5
Los Lleuques	30	4x4	-
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Al ser de las pocas fuentes de agua en el área, el lugar es un pequeño oasis donde se congregan las especies presentes en la zona. Flora; <i>Gunnera tinctoria</i> (Nalca). Fauna; <i>Muscisaxicola macloivanus</i> (Dormilona tontito), <i>Spinus uropygialis</i> (Jilguero cordillerano)		
*Asociación con elementos de índole cultural:	Debido a la presencia de agua es un sector utilizado para las veranadas.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNGsQ); Procesos, geoformas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI).		
Tipo de interés geológico:	Vulcanológico, Geomorfológico.		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Óptimas, pueden ser observadas e identificadas sin dificultad.		
*Situación legal:	Dentro de la zona de amortiguación de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Terreno Privado.		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Posible.		
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Se encuentra dentro de la zona de riesgos volcánico asociado al Complejo Volcánico Nevados de Chillán.		
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta "El Roble Huacho", lugar donde se continúa por el sendero por 27 km.		
Descripción:	Valle glaciar, en el cuál afloran aguas termales, las que dan el nombre al valle. El valle sigue un lineamiento E-W, zona de debilidad utilizada para el emplazamiento del glaciar que da la morfología al valle. En la ladera S del valle afloran rocas pertenecientes al volcanismo Pleistoceno, específicamente a la unidad Lavas del Sur, mientras que en la ladera contraria se hayan sobreyaciendo las Lavas Aguas Calientes. En la vista al N del valle se observa el Volcán Chillán, en cuyas laderas quedan relictos de los glaciares de la zona, los que aportan el agua presente al valle. Se identificaron 3 fuentes termales; la primera se encuentra en el inicio del valle, casi en el mismo lugar donde surge el agua de los glaciares. La segunda fuente está en el sector medio del valle y la tercera fuente está en la salida del valle hacia el sector de Las Trancas. La depresión del valle está rellena por depósitos de caída de los volcanes del CVNCh.		

Imagen satelital:



Fotografías:

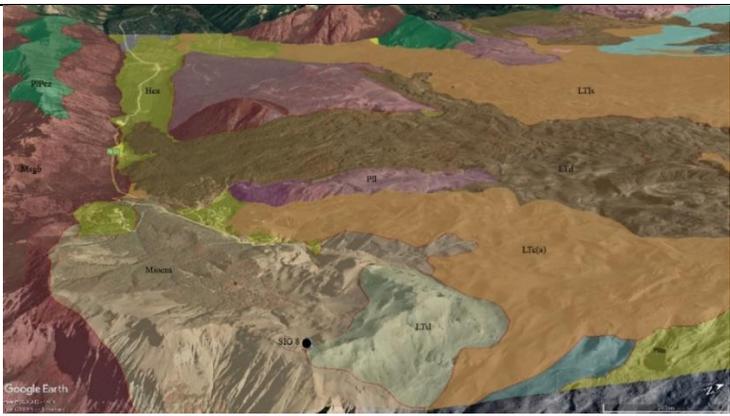
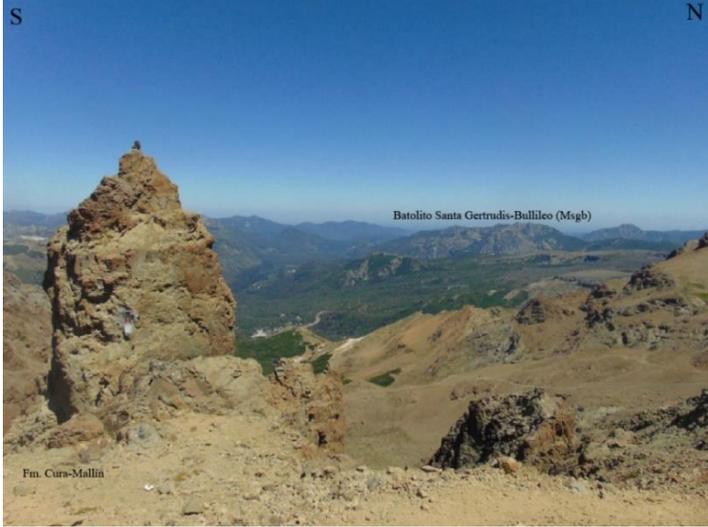


Panteón de Lavas del Sur.



Aguas termales del geosítio Valle de Aguas Calientes.

Código	Nombre		
LS-AC SIG8	Mirador Volcanes		
Coordenadas:	287486		5912856
Localidad:	-	Comuna:	
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillan	80	Bus	3
Las Trancas	12	Auto corriente	3
Los Lleuques	30	4x4	-
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Fauna; <i>Phymaturus vociferator</i> (Matuasto del Maule), <i>Vultur gryphus</i> (Cóndor Andino)		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ); Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ); Procesos, geoformas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI); Magmatismo y vulcanismo Cenozoico (MgVCz).		
Tipo de interés geológico:	Geología Histórica, Vulcanológico, Geomorfológico.		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Óptimas, pueden ser observadas e identificadas sin dificultad.		
*Situación legal:	Dentro de la zona de amortiguación de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Terreno Privado.		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio.		
*Fragilidad intrínseca:	Aspecto geomorfológico que, por su tamaño, es difícilmente afectado de manera importante por actividades humanas.		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Se encuentra dentro de la zona de riesgos volcánico asociado al Complejo Volcánico Nevados de Chillán.		
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta "El Roble Huacho", lugar donde se continúa por el sendero por 33 km.		
Descripción:	Mirador ubicado cercano al final de la ruta, donde inicia el descenso hacia Las Trancas. El mirador se encuentra en las rocas volcánicas de la Formación Cura-Mallín y desde este se puede ver la morfología labrada por los últimos periodos glaciares, específicamente en el valle Las Trancas y el valle Hermoso hacia el W; mirando a este mismo sector es posible observar la depresión intermedia y el inicio de la cordillera de la costa. Mirando hacia el E se observa el CVNCh y algunos pequeños relictos de los glaciares que dominaban la zona. En la vista hacia el S, se ven el volcán Antuco y el volcán Sierra Velluda, siendo este una referencia del límite hacia el sur de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja.		

<p>Imagen satelital:</p>	
<p>Fotografías:</p>	 <p style="text-align: center;">Valle Las Trancas y el valle Hermoso hacia el O.</p>

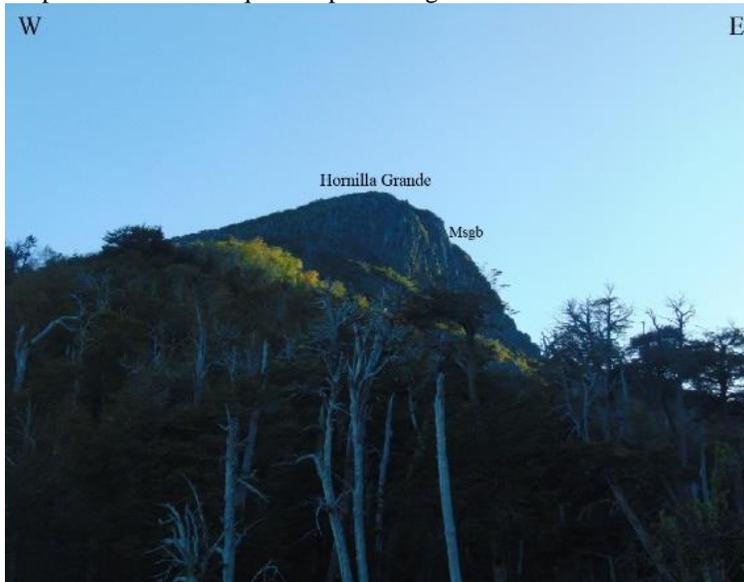
Código	Nombre		
LL SIG1	Cementerio de Rocas		
Coordenadas:	268572	5927879	
Localidad:	Las Lumas	Comuna:	Coihueco
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillan	50	Bus	15
Coihueco	25	Auto corriente	0.5
Pinto	25	4x4	0.5
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus obliqua</i> (Hualle) y <i>Nothofagus dombieyi</i> (Coigüe). Fauna; <i>Campephilus magellanicus</i> (Carpintero negro), <i>Phrygilus gayi</i> (Cometocinos de Gay)		
*Asociación con elementos de índole cultural:	Evidencia de quemas históricas, quedando como relicto los troncos de los antiguos Coigües que dominaban el área		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ); Magmatismo y vulcanismo Cenozoico (MgVCz).		
Tipo de interés geológico:	Geomorfológico, Petrológico.		

Publicaciones que lo incluyen:	No existen
Localidad tipo:	No
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada
*Condiciones de observación:	Buena para todas las características geológicas relevantes
*Situación legal:	Se encuentra dentro de la Zona de Transición de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán –Laguna del Laja; Terreno Privado Jorge Urrutia
*Posibilidad de recolección de objetos:	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio
*Fragilidad intrínseca:	Aspecto geomorfológico que, por su tamaño, es difícilmente afectado de manera importante por actividades humanas.
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta Las Lumas, posteriormente avanzar hacia Refugio Relbunkó, desde ahí se camina 500 m en dirección a cordillera de las Hornillas.
Descripción:	Sector en el cual se inicia la subida hacia los otros sitios de la ruta. Se va subiendo por bloques subredondeados de hasta 4 metros de diámetro de rocas intrusivas equigranular de grano medio, que corresponden a dioritas y tonalitas, estos bloques tendrían un origen coluvial, provenientes del desprendimiento de rocas de las hornillas. En el sector se ven muchos troncos de coigües quemados, los cuales son evidencias de las recurrentes quemadas que afectaron al bosque nativo por muchos años, con el fin de obtener más tierras para la ganadería.
Imagen satelital:	

Fotografías:



Depósitos coluviales que componen al geosito Cementerio de Rocas.



Vista hacia la Hornilla Grande, perteneciente al Geosito Cordillera de las Hornillas.

Código	Nombre		
LL SIG2	Cordillera de Las Hornillas		
Coordenadas:	269580		5927725
Localidad:	Las Lumas	Comuna:	Coihueco

Poblado(s) más próximo(s) (km):		Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:	
Chillan	50	Bus	17
Coihueco	25	Auto corriente	2
Pinto	25	4x4	2
Uso actual:		-	
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus antartica</i> (Ñirre). Fauna; parejas de <i>Vultur gryphus</i> (Cóndor Andino) y <i>Geranoaetus polyosoma</i> (Aguilucho común), junto con <i>Notiochelidon cyanoleuca</i> (Golondrinas de dorso negro)		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ); Procesos, geformas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI); Magmatismo y vulcanismo Cenozoico (MgVCz).		
Tipo de interés geológico:	Geología Histórica, Geomorfología, Petrografía, Volcánico.		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Óptimas, pueden ser observadas e identificadas sin dificultad.		
*Situación legal:	Se encuentra dentro de la Zona de Transición de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán –Laguna del Laja; Terreno Privado Jorge Urrutia		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio		
*Fragilidad intrínseca:	Aspecto geomorfológico que, por su tamaño, es difícilmente afectado de manera importante por actividades humanas		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación		
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta Las Lumas, posteriormente avanzar hacia Refugio Relbunkó, desde ahí se camina 1.5 km en dirección a cordillera de las Hornillas.		
Descripción:	La cordillera de las Hornillas corresponde a un sector donde afloran rocas intrusivas de grano medio (dioritas y tonalitas), las cuales presentan paredes abruptas debido a la erosión fluvial y glaciar que ha afectado a la zona durante el Cuaternario. Consta de dos estructuras reconocibles denominadas "Hornilla Grande", que corresponde a una pared de unos 80 metros de altura, y la "Hornilla Chica" de unos 20 metros de altura. Entre las hornillas se encuentran restos de rocas volcánicas (andesitas), los cuales están generalmente como rodados y, localmente, parece aflorar cubriendo las rocas intrusivas de las hornillas. Esta litología se infiere como relictos de la Formación Cola de Zorro, la cual debido a los procesos erosivos que moldearon la zona, está casi totalmente reducida. Desde las cordilleras hay una gran cantidad de vistas de diversos contextos geológicos. Se observan las rocas estratificadas de la Formación Cura-Mallín y las rocas intrusivas del Batolito Santa Gertrudis, que son el basamento del área. Es posible identificar las morfologías glaciares que dan forma al paisaje y, también, la evidencia del vulcanismo Pleistoceno (Formación Cola de Zorro) y del vulcanismo actual (CVNCh hacia el E y volcán Sierra Velluda hacia el S). También es posible observar lo que corresponde al Santuario de la Naturaleza Huemules de Niblinto.		

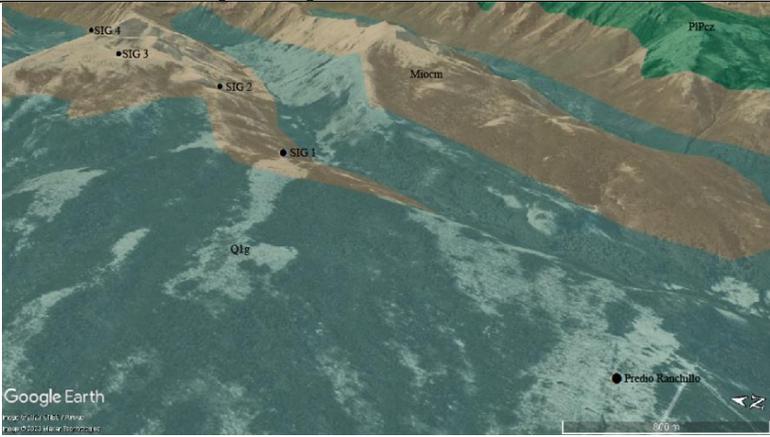
<p>Imagen satelital:</p>	
<p>Fotografías:</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> NW SE </div>  <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> NE SW </div>  <p style="text-align: center;">Vistas desde el geositio Cordillera de las Hornillas.</p> </div>

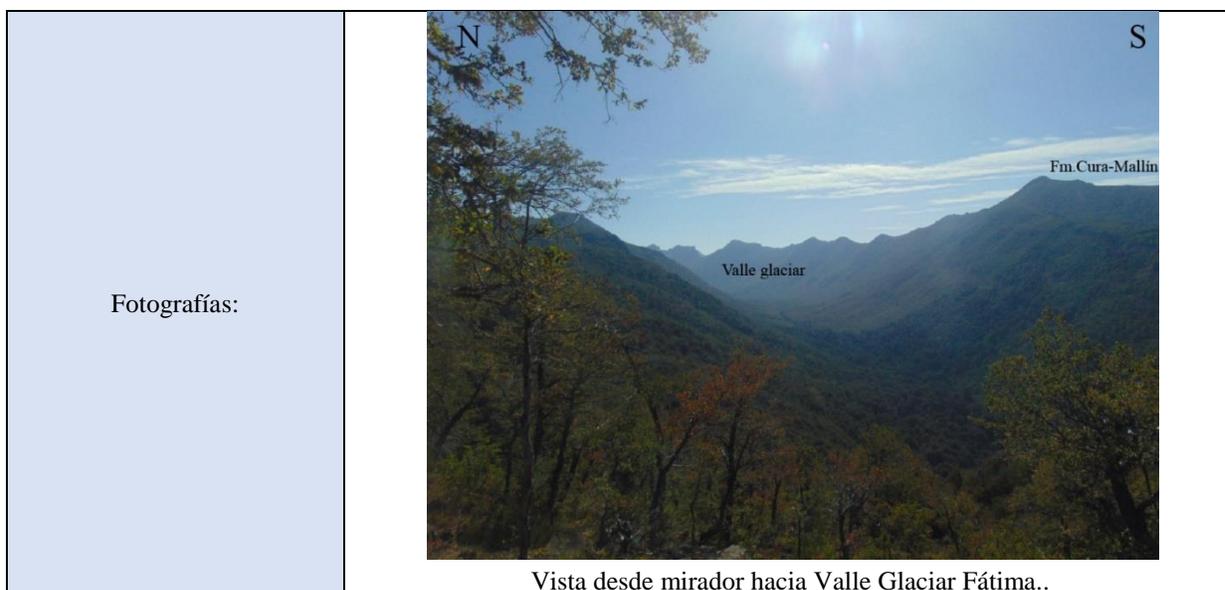
Código	Nombre
LL SIG3	Quebrada Salvación

Coordenadas:	270924		5927741
Localidad:	Las Lumas	Comuna:	Coihueco
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillán	50	Bus	18
Coihueco	25	Auto corriente	3.5
Pinto	25	4x4	3.5
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus obliqua</i> (Hualle), <i>Nothofagus dombieyi</i> (Coigüe) <i>Fuchsia magellanica</i> (Chilco) y <i>Luma chequen</i> (Chequén) como vegetación característica. Fauna; <i>Scelorchilus rubecula</i> (Chucao), <i>Campephilus magellanicus</i> (Carpintero negro) y <i>Enicognathus ferrugineus</i> (Cachaña).		
*Asociación con elementos de índole cultural:	Sector de veraneadas para el ganado.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Magmatismo y vulcanismo Cenozoico (MgVCz).		
Tipo de interés geológico:	Geomorfológico, Fluvial, Hidrogeología.		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Buena para todas las características geológicas relevantes		
*Situación legal:	Dentro de la zona de amortiguación de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Terreno Privado.		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio.		
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación.		
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta Las Lumas, posteriormente avanzar hacia Refugio Relbunkó, desde ahí se camina 1.5 km en dirección a cordillera de las Hornillas para posteriormente descender 1 km en dirección E.		
Descripción:	Fuente de agua en el bajo topográfico hacia el E, inmediatamente después de la cordillera de las Hornillas. Es un descenso por una pendiente abrupta que lleva a una de las pocas fuentes de agua reconocidas en el área. En el sitio se ven una serie de pozones de hasta 10 metros de diámetro y 1 metro de profundidad, los cuales seguramente aumentan de tamaño en estaciones con más agua. El agua fluye sobre rocas pertenecientes al Batolito Santa Gertrudis (misma litología que en cordillera de las Hornillas). Por el flujo del agua se forman marmitas, producidas por la erosión de un fragmento de roca tamaño arena que resulta atrapado por la corriente y labra la roca formando pequeñas tacitas. Debido al ser uno de los pocos sectores con agua la vegetación es un poco diferente, siendo posible reconocer especies de un mayor requerimiento hídrico como el Chequén.		

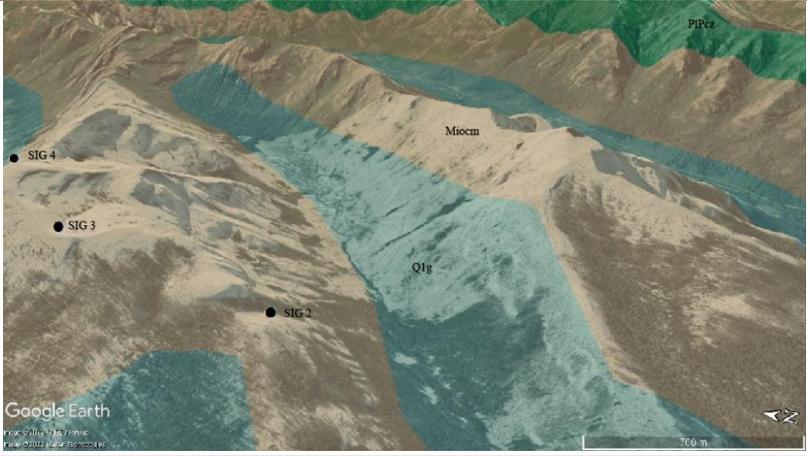
<p>Imagen satelital:</p>	
<p>Fotografías:</p>	 <p>Pozones situados en rocas intrusivas en geosítio Quebrada Salvación.</p>

Código	Nombre		
RAN SIG1	Mirador Fátima 1		
Coordenadas:	265552		5894733
Localidad:	El Avellano	Comuna:	Yungay
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillán	90	Bus	13
Yungay	30	Auto corriente	1.5
El Saltillo	25	4x4	1.5
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus obliqua</i> (Hualle), <i>Nothofagus pumilio</i> (Lenga), <i>Lomatia hirsuta</i> (Radal) y <i>Nothofagus dombeyi</i> (Coigüe), con presencia de <i>Nothofagus antarctica</i>		

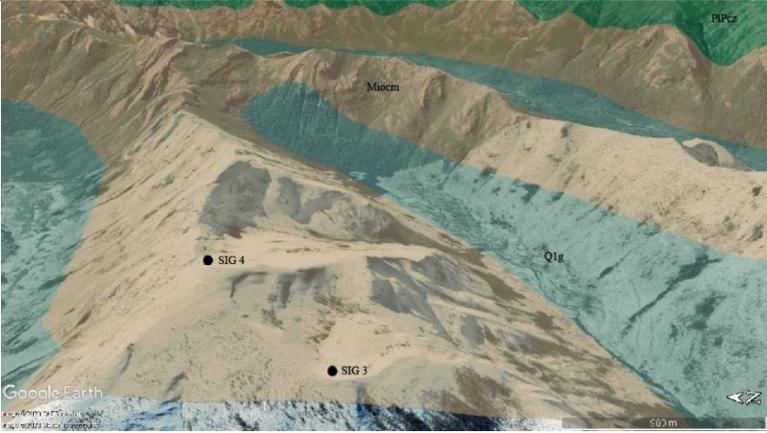
	(Ñirre). Fauna; <i>Campephilus magellanicus</i> (Carpintero negro) y <i>Geranoaetus polyosoma</i> (Aguilucho común)
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Procesos, geoformas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI); Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ).
Tipo de interés geológico:	Geomorfológico, Estructural, Volcánico, Fluvial
Publicaciones que lo incluyen:	No existen
Localidad tipo:	No
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada
*Condiciones de observación:	Buena para todas las características geológicas relevantes
*Situación legal:	Se encuentra dentro de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán –Laguna del Laja; Predio propiedad Udec.
*Posibilidad de recolección de objetos:	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio.
*Fragilidad intrínseca:	Aspecto geomorfológico que, por su tamaño, es difícilmente afectado de manera importante por actividades humanas.
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación.
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta el Predio Ranchillo Alto, luego caminata en sendero del predio hacia el NE, que permite subir a los miradores del sector.
Descripción:	Mirador de relativamente fácil acceso con ~40 minutos de caminata en subida, desde donde se tiene una buena panorámica del Valle Glaciar Fátima, labrando a la Formación Cura-Mallín con una incisión fluvial en medio del valle, pudiéndose recolectar pequeñas muestras de andesitas ricas en plagioclasa asociadas al volcanismo de la Formación Cura-Mallín, se puede apreciar el Volcán Antuco y un conjunto de flora nativa que es representativa del resto de la Reserva.
Imagen satelital:	 <p>A satellite image from Google Earth showing a valley with four sampling sites marked as SIG 1, SIG 2, SIG 3, and SIG 4. The image also shows geological features like Miocm and Qlg, and a location marker for Predio Ranchillo.</p>

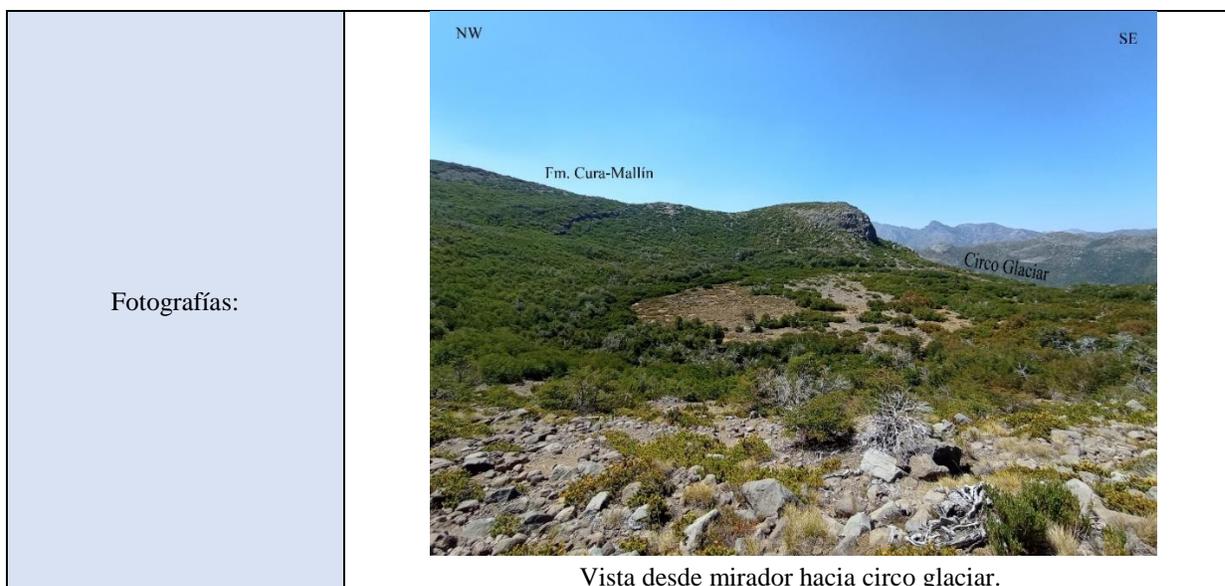


Código	Nombre		
RAN SIG2	Mirador Fátima (2)		
Coordenadas:	266729		5895715
Localidad:	El Avellano	Comuna:	Yungay
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (m) a punto más próximo de acceso en:		
Chillan	90	Bus	14.5
Yungay	30	Auto corriente	3
El Saltillo	25	4x4	3
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus obliqua</i> (Hualle), <i>Nothofagus pumilio</i> (Lenga), <i>Lomatia hirsuta</i> (Radal) y <i>Nothofagus dombieyi</i> (Coigüe), con presencia de <i>Nothofagus antarctica</i> (Ñirre). Fauna; <i>Campephilus magellanicus</i> (Carpintero negro)		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Procesos, geofomas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI); Volcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ).		
Tipo de interés geológico:	Petrológico, Geología Histórica, Geomorfológico y Volcánico.		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Óptimas, pueden ser observadas e identificadas sin dificultad.		
*Situación legal:	Se encuentra dentro de la Zona de Transición de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán –Laguna del Laja; Predio propiedad UdeC		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geosítio		
*Fragilidad intrínseca:	Aspecto geomorfológico que, por su tamaño, es difícilmente afectado de manera importante por actividades humanas.		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación		

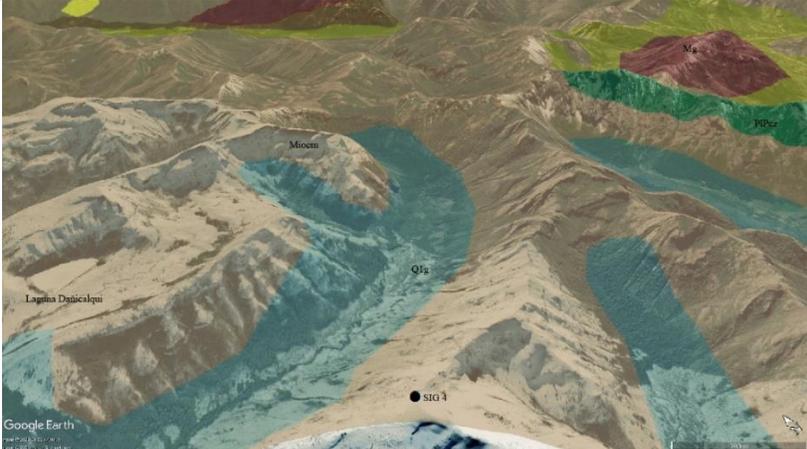
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta el Predio Ranchillo Alto, luego caminata en sendero del predio hacia el NE, que permite subir a los miradores del sector.
Descripción:	Mirador de relativamente fácil acceso ubicado sobre un afloramiento de rocas volcánicas de composición básica-intermedia de la Formación Cura-Mallín desde donde se tiene una buena panorámica del Valle Glaciar Fátima, pudiéndose observar un manteo de ~10-15° en la ladera S del valle y el Sierra Velluda hacia el E, además presencia de lavas con fraccionamiento columnar y fácil recolección de muestras de lavas con cristales de olivino, los cuales son llamados "oro" por los guías locales.
Imagen satelital:	
Fotografías:	

Código	Nombre		
RAN SIG3	Mirador Antena		
Coordenadas:	266875	5896697	
Localidad:	El Avellano	Comuna:	Yungay
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (Km) a punto más próximo de acceso en:		
Chillán	90	Bus	15.5
Coihueco	30	Auto corriente	4
El Saltillo	25	4x4	4
Uso actual:	-		

*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus antartica</i> (Ñirre). Fauna; <i>Vultur gryphus</i> (Cóndor Andino)
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Procesos, geoformas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI)
Tipo de interés geológico:	Geomorfológico, Glaciar.
Publicaciones que lo incluyen:	No existen
Localidad tipo:	No
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada
*Condiciones de observación:	Buena para todas las características geológicas relevantes
*Situación legal:	Se encuentra dentro de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán –Laguna del Laja; Predio propiedad Udec.
*Posibilidad de recolección de objetos:	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio.
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación.
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta el Predio Ranchillo Alto, luego caminata en sendero del predio hacia el NE, que permite subir a los miradores del sector.
Descripción:	Mirador de relativamente fácil acceso sobre rocas volcánicas ricas en anfíboles de la Formación Cura-Mallín, con vista a un circo glaciar de un diámetro de 300 ~m con un llano que presenta variedad de flora nativa característica de la zona y perfecto para acampar, se aprecia el Sierra Velluda, depósitos fluvioglaciales (llanos hacia el O), depresión intermedia y cordillera de la costa, además fácil recolección de muestras de andesita de anfíbol con su hábito característico (hexagonal).
Imagen satelital:	



Código	Nombre		
RAN SIG4	Mirador Calabozo		
Coordenadas:	267299		5897223
Localidad:	El Avellano	Comuna:	Yungay
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (m) a punto más próximo de acceso en:		
Chillan	90	Bus	16
Yungay	30	Auto corriente	4.5
El Saltillo	25	4x4	4.5
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus antarctica</i> (Ñirre). Fauna; <i>Vultur gryphus</i> (Cóndor Andino), <i>Geranoaetus polyosoma</i> (Aguilucho común), <i>Parabuteo unicinctus</i> (Peuco), <i>Muscisaxicola macloivanus</i> (Dormilona tontito).		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Procesos, geofomas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI); Vulcanismo Neógeno sup-Cuaternario y campos geotermales (VNgsQ); Magmatismo y vulcanismo Cenozoico (MgVCz)		
Tipo de interés geológico:	Geomorfológico, Geología Histórica, Petrológico y Volcánico.		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Óptimas, pueden ser observadas e identificadas sin dificultad.		
*Situación legal:	Se encuentra dentro de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán –Laguna del Laja; Predio propiedad UdeC		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio		
*Fragilidad intrínseca:	Aspecto geomorfológico que, por su tamaño, es difícilmente afectado de manera importante por actividades humanas.		

*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta el Predio Ranchillo Alto, luego caminata en sendero del predio hacia el NE, que permite subir a los miradores del sector.
Descripción:	Este sitio destaca por su potencial por la variedad tanto geológica como biológica y es de relativamente fácil acceso (~4-5 hrs de caminata en subida), desde donde se tiene una buena panorámica del Valle Glaciar Calabozo al norte y circos glaciares de ~700 m de diámetro hacia el E, labrando a la Formación Cura-Mallín, pudiéndose observar claramente el leve manteo de sus capas (10-20° NW), hacia el NE se observan diques sub verticales intruyendo a lo que según mapeo de Sernageomin es la Formación Cola de Zorro (camino para llegar a esta última se vuelve más peligroso desde el sendero actual), se aprecia el Sierra Velluda, Batolito de Santa Gertrudis-Bullileo y volcanes del CVNCh en días sin nubosidad, además fácil recolección de muestras de lava (andesitas) de afloramientos con presencia de marmitas; Hacia el N se encuentra la Laguna Dañicalqui, la cual no se puede observar desde este mirador pero se recomienda llegar desde otro sendero.
Imagen satelital:	 <p>A satellite image from Google Earth showing a mountainous region. The terrain is colored in shades of brown and tan, indicating elevation. Several geological features are labeled: 'Miocen' in the upper center, 'Q'ia' in the center, and 'Laguna Dañicalqui' on the left. A black dot labeled 'sitio 3' is marked in the lower center. The Google Earth logo and coordinates are visible in the bottom left corner.</p>
Fotografías:	 <p>A landscape photograph taken from a high vantage point, looking east towards the Calabozo area. The sky is clear blue. The foreground shows a rocky, grassy slope. In the distance, several geological features are labeled: 'N' and 'S' at the top corners, 'CVNCh' in the upper center, 'Fm. Cura-Mallín' on the left, 'Valle glaciar' in the center, and 'Erosión fluvial' at the bottom. The terrain is rugged and mountainous.</p> <p>Vista hacia el E del Mirador Calabozo.</p>

Código	Nombre		
RAN SIG5	Salto el León		
Coordenadas:	264604		5896538
Localidad:	El Avellano	Comuna:	Yungay
Poblado(s) más próximo(s) (km):	Distancia (m) a punto más próximo de acceso en:		
Chillan	90	Bus	15
Yungay	30	Auto corriente	0.5
El Saltillo	25	4x4	0.5
Uso actual:	-		
*Asociación con elementos de índole natural:	Flora; <i>Nothofagus obliqua</i> (Hualle), <i>Nothofagus pumilio</i> (Lenga), <i>Lomatia hirsuta</i> (Radal) y <i>Nothofagus dombeyi</i> (Coigüe), con presencia de <i>Nothofagus antarctica</i> (Ñirre). Fauna; <i>Agathemera crassa</i> (Chinchemolle)		
*Asociación con elementos de índole cultural:	No Presenta.		
Contexto(s) geológico(s) representado(s):	Procesos, geformas y depósitos glaciales del centro y sur (PGGI); Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (AFNgQ)		
Tipo de interés geológico:	Geomorfológico, Hidrogeológico, Fluvial		
Publicaciones que lo incluyen:	No existen		
Localidad tipo:	No		
*Estado de conservación:	No hay daño visible, bien conservada		
*Condiciones de observación:	Razonables, buena visibilidad, pero hay que moverse alrededor para una observación completa.		
*Situación legal:	Se encuentra dentro de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán –Laguna del Laja; Predio Propiedad UdeC		
*Posibilidad de recolección de objetos:	Posible recolección de algunas muestras, pero con restricciones		
*Fragilidad intrínseca:	Gran estructura geológica que puede ser afectada por actividades humanas, pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.		
*Vulnerabilidad a los procesos naturales:	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación		
Ubicación y acceso:	Seguir la ruta hasta el Predio Ranchillo Alto, luego caminata en sendero del predio hacia el NE, que permite subir a los miradores del sector.		
Descripción:	Salto de ~50 m del estero El Chilco que fluye a través de depósitos fluvio-glaciares que se observan en los cortes de camino al salto y la Formación Cura-mallín, generando pozones de diversos diámetros en su trayecto que pueden ser utilizados por los turistas, principalmente se observan lavas con estructuras columnares pertenecientes a la Formación Cura-Mallín; Posee un fácil acceso al sitio pero complicado al salto en sí, necesiéndose bajada en rapel o una nueva ruta para tener mejor vista; Amplia variedad de flora representativa de la Reserva, se tiene una vista panorámica hacia la depresión intermedia y cordillera de la costa. Las intervenciones presentes, no afectan directamente al geositios, pero si ocurren alrededor de éste, existen caminos abandonados y rejas que cierran el paso aun cuando es un camino público.		

<p>Imagen satelital:</p>	 <p>A satellite image showing a mountainous landscape. The terrain is covered in dense green vegetation. In the upper right, a brownish area is labeled 'Mocem'. In the center, a point is labeled 'Q12'. In the lower right, a black dot is labeled 'S20.5'. The Google Earth logo is visible in the bottom left corner.</p>
<p>Fotografías:</p>	 <p>A photograph of a waterfall cascading over mossy rocks. The water is white and foamy as it falls. The surrounding area is lush with green vegetation, including ferns and moss. The orientation is marked with 'NW' at the bottom left and 'SE' at the bottom right.</p> <p>Saltillo anexo al salto principal del geositio Salto El León.</p>

ANEXO IV: Resultados de cuantificación normalizados de los geositios en la Reserva de la Biósfera Nevados de Chillán - Laguna del Laja.

Nomenclatura: Donoso, 2017 (GD); Rivera, 2014 (GR); Urrutia, 2018 (GU); Galvez, 2024 (GG).

Código	Geositio	Categorías de Uso			Suma
		Científico	Didáctico	T-R	
GG1	Mirador Ñuble	47	83	73	204
GG2	Mirador Lagunillas	39	79	73	191
GG3	Rio Bolsico	31	67	78	177
GG4	Mirador Tefra	53	66	66	186
GG5	Salto del Larqui	63	66	88	217
GG6	Escoriales	53	67	65	186
GG7	Valle de Aguas Calientes	75	80	97	252
GG8	Mirador Volcanes	58	87	84	228
GG9	Cementerio de Rocas	36	88	91	215
GG10	Cordillera de las Hornillas	53	92	92	237
GG11	Quebrada Salvación	36	59	65	160
GG12	Mirador Fátima (1)	36	69	85	190
GG13	Mirador Fátima (2)	49	95	89	233
GG14	Mirador Antena	33	59	68	160
GG15	Mirador Calabozo	53	92	86	231
GG16	Salto El León	49	93	94	236
GD1	El Valiente	52	74	83	209
GD2	Cerro Malalcura	42	70	79	191
GD3	Esterio Piedras	35	72	79	186
GD4	Laguna La Plata	30	72	88	190
GD5	Laguna Añil	50	77	88	216
GD6	La Punilla	50	90	91	231
GD7	Puente Ingles	36	86	86	209
GD8	Valle Las Tragedias	36	74	83	194
GD9	Las Lagunas	50	74	82	206
GD10	Laguna Chacayal	50	78	78	206
GD11	Junta Del Gato	50	83	72	205
GD12	Valle El Gato	50	77	69	196
GD13	El Roble y Las Minas	39	82	73	193
GR1	Glaciar Cerro Blanco	100	86	87	272
GR2	Cueva Los Pincheira	76	92	91	259
GR3	Subcomplejo Las Termas	74	91	84	249
GR4	Volcan Parador	73	86	87	245
GR5	Lavas Shangri-la	58	97	98	252
GR6	P.L.C.L	59	82	78	219
GR7	Patio del Cóndor	48	87	85	221
GR8	Aguas Calientes	53	70	91	214
GR9	Sector Fumarolas	58	72	78	209
GR10	Garganta del Diablo	37	68	98	203
GR11	Salto Los Pellines	23	94	87	204
GR12	Gruta Los Pangues	33	73	93	199
GR13	Laguna Huemul	27	70	98	195
GR14	Refugio Waldorf	33	63	93	189
GR15	Salto Renegado	19	93	74	187
GR16	Fundo Los Petriles	22	92	79	193

GR17	Cascada Aserradero	22	56	89	167
GR18	Palo Huacho	23	73	65	161
GR19	Ignimbrita El Castillo	31	63	30	125
GR20	Piedra Comadres	10	45	34	89
GU1	Anticlinal Volcado Curamallín	84	100	85	269
GU2	Quebrada Sierra Velluda	67	95	100	262
GU3	Centro Eruptivo Los Panges	68	92	82	242
GU4	La Cortina	57	93	97	248
GU5	Centro Eruptivo Herradura	53	95	94	242
GU6	Salto de Malalcura	50	100	94	244
GU7	Salto Las Chilcas-Torbellino	52	93	99	243
GU8	Valle de la Luna	48	94	99	241
GU9	Valle glaciar relleno de lavas	50	95	87	232
GU10	Cerro Mariposa	60	75	86	222
GU11	Escalada Villa Peluca	43	89	94	226
GU12	Salto Trubunleo	37	95	94	226
GU13	Cerro Amarillo Avalancha	41	89	91	222
GU14	Anticlinal Curamallín	56	81	70	208
GU15	Salto El Flequillo	40	82	94	216
GU16	Cerro El Toro	42	74	97	213
GU17	Termas Los Peucos	53	68	79	200
GU18	Cerro El Cóndor	49	74	75	198
GU19	Pahoehoe Toes	39	80	81	200
GU20	Peñón del Diablo	31	78	94	202
GU21	Laguna El Toro-Los Cóndores	56	56	75	187
GU22	Cerro Campamento	39	79	65	183
GU23	Cañón Salto río Seco	38	69	76	184
GU24	Piedra del Indio	25	39	54	118
GU25	Deslizamiento Sierra Velluda	34	71	67	172
GU26	Laguna el Potro	29	72	75	176
GU27	Cantera río Polcura	31	77	62	170
GU28	Salto Estero Piedras Azules	20	46	72	138
GU29	Deslizamiento Cerro Campamento	21	58	54	133
GU30	Salto Viuda Blanca	14	40	81	135
GU31	Fuerte Ballenar	27	56	37	121