



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

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

DIEGO MARTÍN PARTARRIEU BRAVO

PROFESOR GUÍA:

MANUEL SCHILLING DANYAU

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

AMARO MOURGUES ORTEGA

FRANCISCO HERVÉ ALLAMAND

SANTIAGO DE CHILE

MAYO 2013

RESUMEN

El estudio y la conservación del geopatrimonio constituyen uno de los ámbitos de acción más recientes en la geología. En el transcurso de las últimas décadas, la conciencia respecto de su importancia se ha desarrollado con fuerza y diversos estudios e iniciativas relativas a esta materia han sido generados alrededor del mundo. Una de esas iniciativas corresponde a la Red Global de Geoparques, creada el año 2004 con el apoyo de UNESCO. El objetivo de estos territorios es promover el desarrollo sustentable de la región en la cual se insertan, por medio de un adecuado manejo de los recursos patrimoniales y la generación de programas educativos y geoturísticos.

En nuestro país, el año 2009 se puso en marcha el proyecto para la creación del primer geoparque de Chile, llamado ‘Geoparque Kütralkura’. Su territorio abarca el área definida por las comunas de Curacautín, Lonquimay, Melipeuco y Vilcún, en el sector andino de la IX Región de la Araucanía.

El presente trabajo de título se enmarca dentro del proyecto Geoparque Kütralkura, y tiene por objetivo la generación de un inventario de geositos para la comuna de Lonquimay. Se desarrolla una metodología para inventario, la cual ha sido adaptada de otros sistemas utilizados en distintas experiencias alrededor del mundo, atendiendo a las particularidades propias de la zona de estudio, la escala de trabajo, y las aplicaciones que se darán al inventario. Mediante esta metodología se ha catalogado y valorado un conjunto de 53 potenciales geositos, 24 de los cuales fueron seleccionados para el inventario final. Dicha selección se realizó sobre la base de los resultados del proceso de valoración, que dan cuenta del grado de interés de los sitios para su uso en actividades científicas, didácticas y turístico-recreativas, así como también de su riesgo de degradación y su prioridad de protección al corto, mediano y largo plazo.

Finalmente, se realizó una descripción de las principales características de cada uno de los geositos seleccionados. También se realizaron consideraciones de cara a la conservación y el adecuado manejo de estos geositos, que constituyen parte importante del recurso patrimonial sobre el que se fundará la estrategia de desarrollo propuesta por Kütralkura para la región.

En la presente versión del trabajo, de libre divulgación, se omite información referente a los geositos más frágiles, con el fin de facilitar su gestión y favorecer su conservación. Dicha información se encuentra, por lo tanto, reservada para los ejemplares de uso interno.

道

AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia, en especial a mis padres Carmen y Roberto, y a mis hermanos Michel, Carola y Edu, por el amor que nos une y por el incondicional apoyo, compañía y consejo que me han brindado, no solo durante el desarrollo de este trabajo sino que a lo largo de toda mi vida.

A Manuel, Pato, Karin y Cristian por su amistad, por haberme dado la oportunidad de participar en este proyecto y por el gran entusiasmo y energía que han depositado en él. A mis ‘geocompañeros’ Rayén, Dani, Marly, Buki y Oscar, con quienes compartimos notables momentos en numerosas idas y venidas a las tierras de Kütralkura: gracias chicos por la buena onda de siempre y por su incombustible alegría.

A todos aquellos que, de una u otra manera, ayudaron a dar forma a este trabajo. A Manuel, Pancho y Amaro, por sus observaciones que contribuyeron a mejorar el documento y por su constante dirección y apoyo a lo largo de este proceso. Al SERNAGEOMIN, por facilitarme mapas y cortes transparentes del Museo Geológico para el estudio de la zona. A Chicho, quien invirtió tiempo y energía en el diseño y la construcción de las fichas. A mis compañeros en Sepade, Carola, Inés, Vicky, Ariel y Claudio, así como a todos aquellos habitantes de Kütralkura que me guiaron a distintos rincones de la comuna, como don Jorge, don Gregorio, Alex, César, Manuel, don Raúl y tantos otros. A Jose y Suyai, que son pura energía y que en varias ocasiones me recibieron en su casa, siempre haciéndome sentir como en la propia. A Camila Illanes, Jose Benado, Jacobus Le Roux, Manuel Suárez, Rita de la Cruz, Renate Wall, María Mardones, Sergio Ross, Alfonso Rubilar, Jorge Muñoz, y a muchos otros, por su disposición a compartir conmigo su valioso conocimiento y su tiempo. Un agradecimiento especial a María Rosa y a Blanca, por la tremenda paciencia y amabilidad que mostraron para ayudarme a resolver toda suerte de apuros administrativos. De no ser por ustedes aún me encontraría atrapado en el aparato burocrático, de verdad muchas gracias!!

A los chicos de Terra Ignota, Karen, Saleta, Chino y Amaro, por invitarme a participar de esta nueva aventura y por toda la buena onda. También por la paciencia y facilidades que me dieron para llevar a término este trabajo.

A todos mis compañeros y amistades con quienes he compartido a lo largo de este camino, en especial a mis compañeros de geología-pdl, a los chicos de astronomía y a los eternos amigos de la infancia, quienes han hecho de todo este periodo universitario una experiencia alegre y acogedora.

Mi más sincero agradecimiento a cada uno, ya que este humilde trabajo se lo debo a todos ustedes.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	- 1 -
1.1. Presentación	- 1 -
1.2. Objetivos	- 2 -
1.3. Metodología de trabajo	- 2 -
1.4. Área de Estudio y vías de acceso	- 3 -
2. Marco Teórico.....	- 4 -
2.1. Patrimonio Geológico y Geopatrimonio	- 4 -
2.2. Otros conceptos relativos al estudio del Geopatrimonio	- 5 -
2.3. Antecedentes sobre el estudio y la conservación del Patrimonio Geológico.....	- 7 -
3. Metodología.....	- 11 -
3.1. Fases previas a la Catalogación.....	- 12 -
3.2. Catalogación.....	- 13 -
3.3. Valoración.....	- 13 -
3.4. Diagnóstico	- 24 -
4. Síntesis Geológica.....	- 24 -
4.1. Marco Geológico General.....	- 24 -
4.2. Relación con los Contextos Geológicos Nacionales	- 35 -
5. Resultados y Discusiones	- 37 -
5.1. Catalogación de los Potenciales Geositios.....	- 37 -
5.2. Valoración y selección de los sitios.....	- 41 -
5.3. Geositios incorporados al inventario	- 48 -
5.4. Discusión.....	- 129 -
6. Conclusiones.....	- 132 -
7. Referencias	- 134 -
8. Anexos.....	- 141 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Territorio definido para el Geoparque Kütralkura. El área de estudio de este trabajo, en el sector oriental del Geoparque, es aquella delimitada por la línea de color rojo	- 3 -
Figura 3.1. Fichas para la catalogación de potenciales sitios de interés.	- 14 -
Figura 4.1. Mapa geológico del área de estudio, realizado a escala 1:250.000. Datum de la cuadrícula: WGS1984. La simbología asociada a este mapa se encuentra resumida en la figura 4.2. Modificado de Suárez y Emparan (1997)..	- 25 -
Figura 4.2. Simbología de las unidades, centros poblados y principales cursos y cuerpos de agua en la figura 4.1.....	- 26 -
Figura 4.3. División litoestratigráfica de la Formación Cura-Mallín (Suárez y Emparan, 1995).	- 29 -
Figura 5.1. Distribución de los 53 potenciales geositios identificados en la comuna... ..	- 38 -
Figura 5.2. Número de sitios en los que se ve representado cada contexto geológico.... ..	- 41 -
Figura 5.3. Número de geositios del inventario donde se ve representado cada contexto geológico.....	- 49 -
Figura 5.4. Distribución de los geositios incorporados al inventario. Los códigos asociados a cada punto se detallan en la tabla 5.8.....	- 50 -
Figura L01-1. Azufreras de Pelehue	- 53 -
Figura L01-2. En el geositio hay gran cantidad de azufre nativo	- 53 -
Figura L01-3. Fumarolas y vertientes termales son comunes en el geositio.....	- 53 -
Figura L01-4. Las superficies favorecen la cristalización del azufre. Tamaño de la libreta: 11 x 15 cm.....	- 54 -
Figura L01-5. Vista al valle de Ránquil y los volcanes Llaima, Lonquimay y Tolhuaca.....	- 54 -
Figura L03-1. Geositio ‘Coluvios cubiertos con tefra en Lonquimay’	- 57 -
Figura L05-1. Vista al cono Navidad y su colada de lava, y a los volcanes Lonquimay y Tolhuaca	- 60 -
Figura L05-2. Vista al valle. Nótese el cráter La Holandesa (derecha)	- 60 -
Figura L05-3. Vista a los volcanes Callaqui y Copahue	- 61 -
Figura L05-4. Uno de los cráteres del CFO junto al camino (p.7).	- 61 -

Figura L05-5. Segundo cráter del CFO junto al camino (p.8). Nótese la colada de lava que descende desde él	- 61 -
Figura L05-6. Colada del cono Navidad sobre una colada más antigua, la misma del cono del punto 8	- 62 -
Figura L05-7. Laguna represada por colada de lava (p.10).....	- 62 -
Figura L06-1. Depósitos de la playa principal (izquierda) y de las playas del norte (derecha).....	- 65 -
Figura L06-2. Bloque de granitoide con inclusión máfica.....	- 65 -
Figura L06-3. Levees del extremo sur de la playa principal	- 66 -
Figura L06-4. El río Ñirreco: nótese su naturaleza meándrica y la barras en los codos internos de los meandros	- 66 -
Figura L06-5. Afloramiento intrusivo en el extremo norte de la playa principal.....	- 66 -
Figura L07-1. Sedimentos marinos jurásicos con fuerte deformación	- 69 -
Figura L07-2. Gradación inversa: de lutitas (izq.-base) a areniscas conglomerádicas (der.-techo).....	- 70 -
Figura L07-3. Contacto entre las sucesiones sedimentarias (derecha) y la unidad volcánica (izquierda).....	- 70 -
Figura L07-4. Acercamiento al contacto de la figura L07-3.....	- 70 -
Figura L07-5. Conglomerados cuaternarios sobreyacen con discordancia angular a los sedimentos marinos	- 71 -
Figura L07-6. Conglomerados fluviales del Biobío	- 71 -
Figura L07-7. Acercamiento a la figura L08-6, nivel con clastos imbricados. Imagen tomada hacia el E.....	- 71 -
Figura L07-8. Imagen tomada hacia el norte. Nótese el abanico que descende desde la quebrada al NE	- 72 -
Figura L07-9. Depósitos de abanico aluvial.....	- 72 -
Figura L07-10. Depósitos de abanico aluvial.....	- 72 -
Figura L07-11. Barra en el río Biobío, sector puente Contraco	- 73 -
Figura L08-1. Estratos de Huenual Ivante. Sobre el fondo se observa el nacimiento del río Biobío	- 76 -
Figura L08-2. Pizarra/Filita moteada de los Estratos de Huenual Ivante.....	- 76 -

Figura L08-3. Fotomicrografías de la filita recolectada por Suarez y Emparan (1997). Se observan porfidoblastos de cordierita (hábito fantasmal) entre cristales más pequeños de biotita, moscovita y cuarzo. Izquierda: nícoles paralelos, Derecha: nícoles cruzados. Línea de escala: 1 mm	- 77 -
Figura L08-4. Vista al lago Galletué desde los estratos de Huenual Ivante	- 77 -
Figura L10-1. Falla Pino Solo (fotografía hacia el sur). Una falla inversa de vergencia oeste monta a las sedimentitas jurásicas marinas por sobre la sucesión continental miocena	- 80 -
Figura L11-1. Fallas de Tralilhue. Obsérvese la estructura triangular que se ha generado, y las excelentes condiciones de observación del rasgo	- 83 -
Figura L12-1. Bloques Erráticos.....	- 86 -
Figura L12-2. Roca aborregada con marcas de erosión lateral por la acción glacial. La vara mide 1,5 m.	- 86 -
Figura L12-3. Marcas por erosión de fondo sobre sedimentos glaciales	- 87 -
Figura L12-4. Sedimentos glacialacustres, posiblemente varvados	- 87 -
Figura L12-5. Pequeño lago de montaña, alimentado por aguas de fusión del glaciar	- 87 -
Figura L12-6. Valle y circo glacial en el sector norte del geositio	- 88 -
Figura L12-7. Rocas intrusivas asignadas al Grupo Plutónico de Melipeuco.....	- 88 -
Figura L13-1. Intrusivos del valle de Lonquimay	- 91 -
Figura L13-2. Los contactos son nítidos y rectos. Reflejarían intrusión en estado frágil.....	- 91 -
Figura L13-3. Xenolito de la roca caja (granodiorita) al interior de la intrusión granítica	- 92 -
Figura L14-1. Lago Mariñanco, centros de emisión (al fondo) y basaltos columnares (a la izquierda).....	- 95 -
Figura L14-2. La geomorfología del área en torno al lago está dominada por la acción glacial-	95
-	
Figura L15-1. Lago San Pedro, ubicado en una rama del valle glacial de Lonquimay. Obsérvese las lavas del miembro Guapitrío, sobre el cerro a la izquierda.....	- 98 -
Figura L16-1. Cerro Batea Mahuida.....	- 101 -
Figura L16-2. Lago de montaña en la cima de Batea Mahuida.....	- 101 -
Figura L16-3. El cerro se encuentra casi completamente cubierto por tefra, correspondiente a pómez removilizada	- 102 -
Figura L16-4. Existen numerosas islas de vegetación en las laderas del cerro.....	- 102 -

Figura L17-1. Los depósitos de tefra cubren un paleorelieve de forma lobular. Imagen tomada desde el cerro de la antena (punto 2 en la imagen satelital)	- 105 -
Figura L17-2. Brecha y cobertura en el geosítio Morrena Portales.....	- 105 -
Figura L17-3. Brecha de aspecto tilloide, interpretada como depósitos morrénicos.....	- 106 -
Figura L17-4. Detalle de la cobertura cuaternaria. Corresponden a depósitos de tefra volcánica escoriácea y pómez subordinada.....	- 106 -
Figura L17-5. Marcas de estrías glaciales en la roca	- 107 -
Figura L18-1. Geosítio ‘Portezuelo Lenguas Escritas’. Obsérvese el perfil cóncavo de este valle glacial.....	- 110 -
Figura L18-2. Lavas de valle basálticas, de edad pleistocena superior, con disyunción columnar... ..	- 110 -
Figura L19-1. Salto Lonquimay	- 113 -
Figura L19-2. El lugar es rico en biodiversidad, tanto en términos de flora como de fauna nativa.. ..	- 113 -
Figura L20-1. Formas erosivas en las rocas del geosítio Cruzada Chica.....	- 116 -
Figura L20-2. Fractura subvertical en el geosítio	- 116 -
Figura L20-3. Escarpe de deslizamiento gravitacional al otro lado del valle de Pehuenco	- 117 -
Figura L21-1. Piedra de la Novia	- 120 -
Figura L21-2. Sucesión de conglomerados y tobas de la Fm.Mitrauquén.....	- 120 -
Figura L21-3. Otra perspectiva de la sucesión de la Fig.19-2, obtenida avanzando por el camino hacia el SE	- 120 -
Figura L23-1. Tobas de la Formación Mitrauquén subyacen a lavas plio-pleistocenas	- 124 -
Figura L23-2. Sucesiones del miembro Río Pedregoso subyacen a lavas plio-pleistocenas ..	- 125 -
Figura L23-3. Conglomerados y tobas de la Formación Mitrauquén sobreyacen a las sucesiones del miembro Río Pedregoso.....	- 125 -
Figura L23-4. Drumlin sobre el fondo del valle de Mitrauquén	- 125 -
Figura L24-1. Túnel construido para faena minera abandonada. Los niveles de carbón se observan con claridad a la derecha de la entrada	- 128 -
Figura L24-2. Túnel construido para faena minera abandonada	- 128 -
Figura 5.5. Número de geosítios en que se ve representado cada tipo de interés geológico ..	- 131 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Parámetros utilizados para la valoración de los puntos de interés	- 15 -
Tabla 3.2. Criterios asociados a cada uno de los parámetros de valoración	- 16 -
Tabla 3.3. Criterios, valores y pesos asociados a cada uno de los parámetros de valoración...	- 20 -
Tabla 5.1. Contextos geológicos representados en cada uno de los sitios identificados en el área de estudio. Los recuadros rojos indican el contexto geológico principal	- 39 -
Tabla 5.2. Resultado del proceso de catalogación, para parámetros intrínsecos.....	- 42 -
Tabla 5.3. Resultado del proceso de catalogación, para parámetros de uso.....	- 43 -
Tabla 5.4. Resultado del proceso de catalogación, para parámetros de protección.....	- 44 -
Tabla 5.5. Puntajes obtenidos por cada sitio en las distintas categorías.....	- 45 -
Tabla 5.6. Parámetros estadísticos, umbrales y puntajes asociados a cada una de las 3 categorías de uso.....	- 46 -
Tabla 5.7. Parámetros estadísticos, umbrales y puntajes asociados a la prioridad de protección.....	- 47 -
Tabla 5.8. Listado de geositorios incorporados al inventario.....	- 49 -

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

La conservación del geopatrimonio, al igual que la de otros componentes del medio natural, es un asunto de suma importancia no sólo para las Ciencias de la Tierra sino para la Sociedad en su conjunto. Por un lado, el estudio de este patrimonio es la base para la investigación científica y para la formación de los profesionales del área. Por otra parte, su lectura e interpretación nos ayuda a comprender los procesos que ocurren en nuestro planeta, lo que es fundamental en variadas materias de interés social, como por ejemplo, la prevención de daños producidos por catástrofes, o el manejo adecuado de los recursos naturales.

En las últimas décadas, se ha expandido notablemente la conciencia respecto de la importancia de la conservación y el estudio del geopatrimonio. Alrededor del mundo se han desarrollado numerosos trabajos sobre estos temas y muchos países ya cuentan con exhaustivos inventarios de sitios de interés geológico. El caso más emblemático, tal vez lo constituya el Reino Unido, donde se ha creado una red de casi 1.400 sitios que cuentan con un estricto régimen de protección legal: son los llamados *Sites of Special Scientific Interest* (SSSI) y constituyen lugares importantes para el pasado, presente y futuro desarrollo de la geología en el Reino Unido (Carcavilla *et al.* 2007).

Las distintas iniciativas han dado lugar a variados programas internacionales relativos al geopatrimonio, como la ‘Red Global de Geoparques’ (GGN, por sus siglas en inglés), impulsada por UNESCO. Este programa contempla la definición de territorios con valor geológico excepcional, en los cuales se integran también todos sus aspectos naturales y culturales. Su objetivo es desarrollar una estrategia de desarrollo sustentable, en conjunto con las comunidades locales, a través de proyectos vinculados con el geoturismo, la educación y la conservación.

La GGN cuenta actualmente con 90 miembros distribuidos en 27 países. La mayor parte de estos territorios se encuentran en Europa y China. En nuestro país se está actualmente trabajando en la creación del Geoparque Kütralkura, que pretende convertirse en el primer Geoparque a nivel nacional y el segundo en Sudamérica después del Geoparque Araripe (Brasil), integrado a la GGN en 2006.

El presente estudio se enmarca en el contexto de dicho proyecto y tiene como principal objetivo la generación de un inventario de geositos en la comuna de Lonquimay, con potencial para ser utilizados en actividades científicas, educativas y turísticas impulsadas por el geoparque.

El proyecto Geoparque Kütralkura es desarrollado por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), en conjunto con la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Gobierno Regional de la Araucanía, el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), las municipalidades de Lonquimay, Curacautín, Vilcún y Melipeuco, y

el Grupo de Montaña Ñuke Mapu; y cuenta con el financiamiento parcial de Innova Chile (CORFO).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Generar un inventario de geositos en la comuna de Lonquimay, correspondiente al sector oriental del Geoparque Kütralkura, con el fin de facilitar el diseño de políticas de conservación y gestión del geopatrimonio, tales como la creación de rutas geoturísticas, el desarrollo de programas educativos y el fomento de la investigación científica.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Definir una metodología de catalogación y valoración de los potenciales geositos.
2. Confeccionar un listado de potenciales geositos en la comuna y evaluarlos mediante la aplicación de la metodología definida.
3. Seleccionar un conjunto estos sitios, en función de los resultados obtenidos mediante la metodología de valoración, para su incorporación en un inventario de geositos de la comuna.
4. Presentar las principales características de los geositos inventariados y generar consideraciones de cara a su conservación y manejo.

1.3 Metodología de trabajo

Se realizó una revisión de la bibliografía existente acerca del estudio del geopatrimonio y la elaboración de inventarios de sitios de interés geológico. A partir de la comparación entre los distintos métodos propuestos, se definió la metodología de catalogación y valoración a utilizar en el presente trabajo.

Posteriormente, se realizó un listado de los potenciales geositos identificados, los que fueron clasificados de acuerdo a distintos parámetros, previamente definidos, y evaluados mediante el método de valoración adoptado.

En función de los resultados obtenidos, se generó un inventario de geositos de la comuna. Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos y se discutió acerca de su significado e implicancias. Adicionalmente, se revisaron y discutieron temas relacionados con la metodología adoptada y con las principales limitaciones del estudio realizado.

1.4 Área de Estudio y vías de Acceso

El territorio definido para el Geoparque Kütralkura, corresponde a las comunas de Curacautín, Lonquimay, Melipeuco y Vilcún, en la IX Región de la Araucanía. El área inicial del proyecto comprendía sólo al Parque Nacional Conguillío y su entorno inmediato, sin embargo, a medida que la iniciativa fue madurando sus límites se extendieron, hasta incluir la totalidad de las cuatro comunas que rodean esta área silvestre protegida. Esto permitió elevar el número de personas que podría beneficiarse del proyecto, a la vez que aumentó de manera considerable la geodiversidad del geoparque.

El área de estudio del presente trabajo corresponde a la comuna de Lonquimay, la cual constituye el sector oriental del Geoparque Kütralkura (fig. 1.1). Se encuentra ubicada entre las latitudes 38° y 39° S y las longitudes 70°50' y 71°40' W.

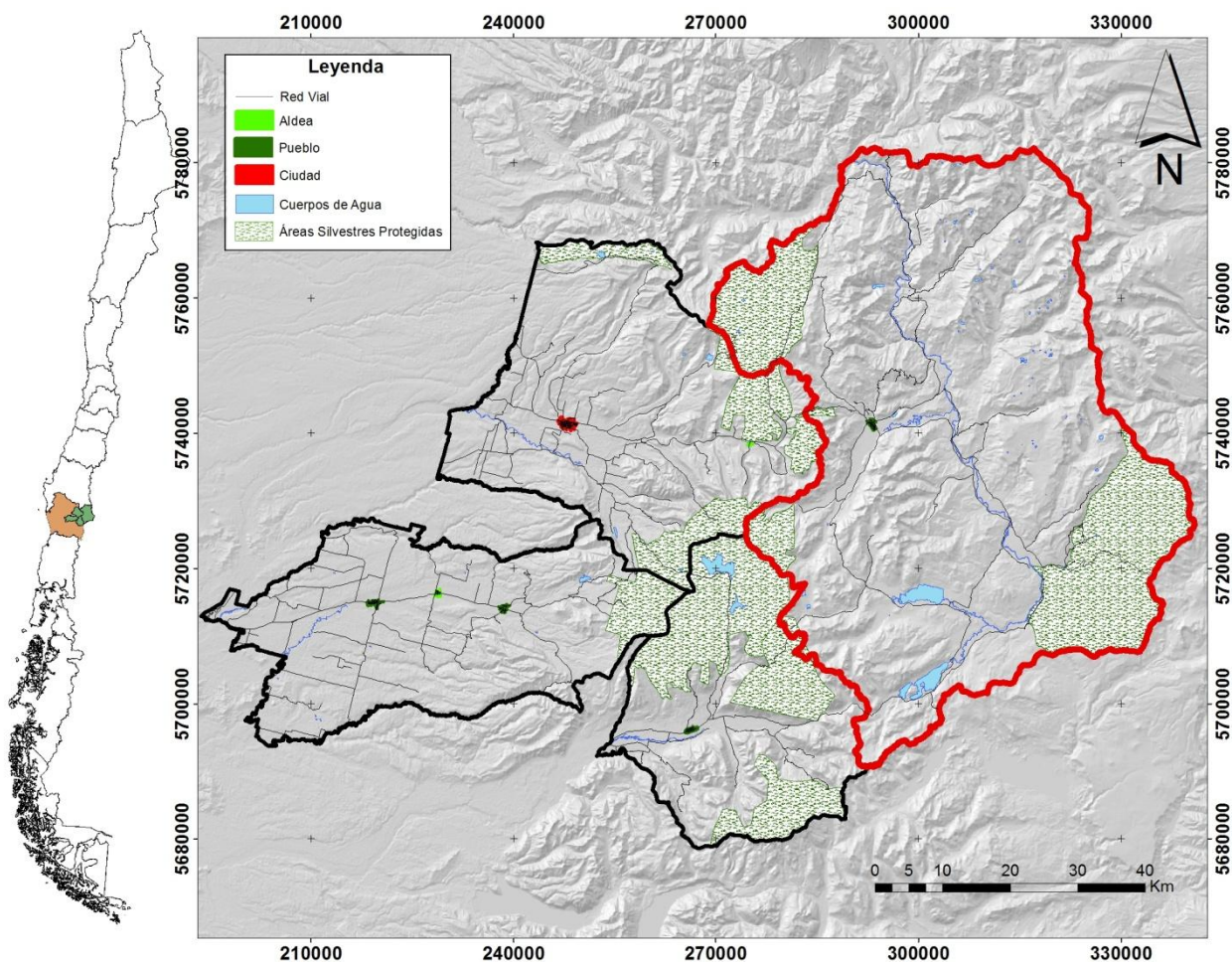


Figura 1.1. Territorio definido para el Geoparque Kütralkura. El área de estudio de este trabajo, en el sector oriental del Geoparque, es aquella delimitada por la línea de color rojo.

El acceso a la zona de estudio se puede realizar a través de 5 vías principales, que son:

1. Desde el oeste por la ruta internacional 181, pasando por Curacautín y atravesando la cordillera de Las Raíces.
2. Desde el oeste por la ruta S-61, que se extiende desde el pueblo de Cunco, pasando por Melipeuco en dirección hacia el poblado de Icalma.
3. Desde el norte por la ruta R-791. Esta ruta se encuentra en mal estado y pasa a través de un fundo privado, por lo que no siempre se encuentra habilitada.
4. Desde el este por la ruta internacional 181, entrando desde Argentina por el paso fronterizo de Pino Hachado.
5. Desde el este por la ruta S-61, entrando desde Argentina por el paso fronterizo de Icalma.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Patrimonio Geológico y Geopatrimonio

En la literatura se pueden encontrar numerosas definiciones de Patrimonio Geológico. Carcavilla *et al.* (2007) realizaron una extensa revisión de estas definiciones, comparando algunas de sus mayores similitudes y diferencias. Entre ellas se encuentran las siguientes:

- “El conjunto de recursos naturales, no renovables, ya sean formaciones rocosas, estructuras geológicas, acumulaciones sedimentarias, formas del terreno, o yacimientos minerales, petrológicos o paleontológicos, que permiten reconocer, estudiar e interpretar la evolución de la historia de la Tierra y de los procesos que la han modelado, con su correspondiente valor científico, cultural, educativo, paisajístico o recreativo” (Cendrero, 1996).
- “El 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” (Guillén Mondejar y Del Ramo, 2004).
- “Está constituido por todos aquellos recursos naturales, básicamente no renovables, ya sean formaciones rocosas, estructuras, acumulaciones sedimentarias, formas, paisajes, yacimientos minerales o paleontológicos o colecciones de objetos geológicos de valor científico, cultural o educativo y/o de interés paisajístico o recreativo” (Durán, 1999).

Dentro de las similitudes existentes entre las definiciones consultadas, Carcavilla *et al.* (2007) destacan las siguientes:

- (1) Está conformado por elementos geológicos.
- (2) Está constituido por recursos no-renovables: aunque Durán (1999) no realiza una restricción rígida, pues afirma que existen ciertos elementos renovables (como las aguas termales o minerales) que sí pueden pertenecer al Patrimonio Geológico.
- (3) Posee un valor especial: porque muestra la historia geológica de un determinado lugar y porque posee un interés de tipo científico, educativo, paisajístico, cultural, recreativo, etc.

Durán (1999) también plantea que este patrimonio puede estar constituido por colecciones, por lo que genera una distinción entre el patrimonio geológico mueble, dado por ejemplares que han sido extraídos de su lugar de origen, e inmueble, que se conserva en su contexto natural.

Ahora bien, muchos autores realizan estudios temáticos, por lo que a menudo han sido utilizados otros términos, tales como patrimonio geomorfológico, mineralógico o petrológico (Carcavilla *et al.* 2007). En el marco del presente estudio, sin embargo, el patrimonio será abordado desde una perspectiva que integre las distintas disciplinas de las Ciencias de la Tierra y que además considere la importancia de los sitios en el plano natural, cultural, histórico, etc. Dado esto, se utilizará el concepto de Geopatrimonio, que en Chile ha sido utilizado, según Rubilar (2008), “como sinónimo de Patrimonio Geológico, aunque también es definido como ‘patrimonio de la Tierra’”. El autor explica que el término “se refiere fundamentalmente a sitios o localidades donde se encuentran componentes significativos (materiales o del paisaje) para la Geología y las Ciencias de la Tierra en su conjunto, y las acciones involucradas se centran en la gestión patrimonial y turística de tales áreas (...) En tal sentido, UNESCO (2007) promueve la definición de ‘Geoparques’ en un plano integrador y como una forma de consolidar la protección de áreas geográficas con sitios de importancia no sólo para la Geología (en sentido amplio), sino que también para la Ecología, Arqueología, Historia y la Cultura”.

2.2 Otros conceptos relativos al estudio del Geopatrimonio

2.2.1 Geodiversidad

Es definido por la Royal Society for Nature Conservation, del Reino Unido, como “la variedad de ambientes, fenómenos y procesos geológicos que dan origen a paisajes, rocas, minerales, fósiles, suelos y otros depósitos superficiales que constituyen el sustrato de la vida en la Tierra”.

Existen numerosos trabajos en los cuales se discute sobre el concepto de Geodiversidad, sin embargo, la discusión sobre posibles métodos para su estudio y análisis aún es incipiente (Carcavilla *et al.* 2007).

2.2.2 Geositio

Brilha (2005) lo define como la ocurrencia de uno o más elementos de la geodiversidad, bien delimitado geográficamente y que presenta un valor singular desde el punto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico, u otro.

De esta definición -que será la utilizada en este trabajo- se desprende que un geositio debe ser un elemento de la geodiversidad y, por lo tanto, de origen geológico. Debido a esto y al hecho de que tiene un valor especial, un geositio también es parte del patrimonio geológico.

A pesar de lo anterior, es interesante notar que la definición no acota el interés principal de un geositio a un ámbito puramente científico, sino que integra otros aspectos, como aquellos de índole pedagógica, cultural o turístico. Un ejemplo en el Geoparque Kütralkura lo constituye el geositio ‘Piedra Santa’, cuya asociación con elementos culturales es una de sus características más destacadas (Martínez, 2010).

2.2.3 Georrecurso Cultural

Refiere a “todos aquellos lugares de alto valor geológico que cumplan al menos una de las dos condiciones siguientes: (1) que tengan un elevado valor científico y/o didáctico, (2) que sean susceptibles a ser utilizados y gestionados como recurso con la finalidad de incrementar la capacidad de atracción global del territorio en el que se ubican y, en consecuencia, de mejorar la calidad de vida de la población de su entorno” (Villalobos *et al.* 2004; Villalobos, 2001).

En este caso, se considera la forma en cómo va a ser usado el recurso, de modo que su utilización no constituye un valor añadido, sino que es parte de su valor principal.

2.2.4 Geoturismo

National Geographic lo define como “un turismo que sostiene o enriquece el carácter geográfico de un lugar y su ambiente, patrimonio, estética, cultura y el bienestar de sus habitantes” (Tourtellot, 2002).

En la misma línea, agrega que el geoturismo no sólo debe ser sostenible, sino que también debe tener la cualidad de enfocarse en todas las características naturales y humanas del lugar.

“Esto incluye la flora y fauna, las estructuras históricas y sitios arqueológicos, los paisajes pintorescos, la arquitectura tradicional y todas las demás cosas que contribuyen a la cultura, como música, artesanías, bailes, el arte y hasta la cocina, la agricultura artesanal y los animales sobre los cuales se basa la alimentación tradicional.

El geoturismo en su mejor expresión debe beneficiar a los habitantes locales. Los habitantes locales, por su parte, deben velar por lo que atrae al turista, sea un bosque lluvioso, una calle histórica o simplemente un paisaje bello” (Tourtellot, 2002).

2.2.5 Geoparque

Los Geoparques son territorios promovidos por UNESCO y definidos por la GGN como un área bien delimitada y con un tamaño lo suficientemente amplio para servir al desarrollo socioeconómico de la comunidad local, particularmente a través del turismo. Cada Geoparque debe presentar un número significativo de sitios de interés geológico, a través de los cuales se puede exhibir la historia geológica del territorio, y los eventos y procesos que participaron en su formación (UNESCO, 2010).

Además, la GGN sostiene que dichos sitios “forman parte de un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sustentable. Un Geoparque debe tomar en consideración todo el contexto geográfico de la región, y no únicamente incluir sitios de significancia geológica”. La sinergia entre geodiversidad, biodiversidad y cultura, así como el patrimonio tangible e intangible, deben ser destacados como parte integral de cada Geoparque (UNESCO, 2010).

Los Geoparques cumplen sus objetivos a través de:

- (1) La *educación*: Enseñan al público general y promueven la divulgación de la investigación científica en torno a las Ciencias de la Tierra y al medioambiente.
- (2) La *conservación*: Conservan el geopatrimonio para las generaciones futuras.
- (3) El *geoturismo*: Provee una herramienta para lograr el desarrollo sustentable.

2.3 Antecedentes sobre el estudio y la conservación del Geopatrimonio

2.3.1 Antecedentes Internacionales

Tanto el estudio del patrimonio geológico como el de la geodiversidad comenzaron a ser promovidos en Europa durante la década de los 70’, con el objetivo de catalogar las áreas de interés geológico para promover su estudio, protección y divulgación. Desde entonces, se ha desarrollado en forma sistemática en un creciente número de países en todo el mundo, mediante la publicación de diversos trabajos y la generación de inventarios de sitios de interés geológico.

No obstante, estas iniciativas recién alcanzaron mayor notoriedad cuando se lanzó, en 1996, el programa ‘Geosites’, el cual operó bajo el alero de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS, por sus siglas en inglés) con el objetivo de desarrollar una base de datos internacional, apoyada en un inventario sistemático de los sitios más importantes para las ciencias geológicas en

el mundo. Este inventario ayudaría a sostener iniciativas nacionales e internacionales que buscaran proteger los recursos geológicos para su uso en investigación y educación, además de ofrecer una potencial contribución de sitios al programa Patrimonio de la Humanidad administrado por la UNESCO (Wimbledon *et al.* 2000; Joyce, 2010).

El programa Geosites ha desarrollado criterios y principios generales para guiar la selección objetiva de los mejores sitios geológicos para tal base de datos. Algunos criterios clave son: Representatividad, Rareza, Complejidad y Geodiversidad, Accesibilidad, entre otros. No obstante, más que en el uso de sistemas de clasificación rígidos, Geosites pone énfasis en el desarrollo de marcos temáticos que permitan la selección de sitios como evidencia de procesos y eventos geológicos particulares. Asimismo, alienta a cada país a adoptar sus propios contextos geológicos para la selección de sus geositos (Joyce, 2010).

Posteriormente, en junio del año 2000, se crea la Red de Geoparques de Europa (EGN, por sus siglas en inglés). Según la EGN, un Geoparque es un territorio que combina la protección y promoción del patrimonio geológico con la idea de un desarrollo local sustentable (Zouros y Mc Keever, 2004). Algunas de sus características principales son:

1. Comprende un cierto número de sitios de particular importancia ('geositos'), la que se mide normalmente en términos de patrimonio geológico, aunque su interés también puede ser arqueológico, ecológico, histórico o cultural.
2. Posee fronteras claramente definidas y una superficie suficiente como para generar un verdadero desarrollo económico territorial.
3. Defiende los principios de conservación del patrimonio geológico y se beneficia de las medidas de gestión y protección.
4. Es administrado por una estructura claramente definida, organizada de acuerdo a la legislación de cada país y capaz de promover, en su territorio, políticas de protección y de desarrollo sustentable.

Con la implementación de los Geoparques, el estudio del patrimonio geológico puede dar lugar a interesantes oportunidades de desarrollo en el medio rural, utilizando este patrimonio como eje fundamental para la planificación territorial (Carcavilla, 2011).

En Abril de 2001, la EGN y UNESCO (mediante su 'División de Ciencias de la Tierra') firmaron un acuerdo oficial de colaboración. La EGN continuó expandiéndose, llegando hoy a incluir 43 territorios en 17 países europeos. Por otra parte, en el año 2004 y con el apoyo de la UNESCO, se establece la Red Global de Geoparques. Junto con ello, se generó una guía operacional para postular a la red y se alentó a la División de Ciencias de la Tierra a generar acuerdos a nivel continental, como el que había firmado con la EGN tres años antes (Zouros and Mc Keever, 2004).

La explosiva expansión de la iniciativa derivó, entre otras cosas, en la Declaración de Araripe (redactada en Noviembre de 2010), la cual proclama los principios básicos para la conformación

de la ‘Red de Geoparques de América Latina y el Caribe’. Algunas de las ideas que se refuerzan en esta declaración son: (1) la de impulsar iniciativas de desarrollo sustentable por medio de la conservación, valorización y educación sobre el patrimonio geológico, natural y cultural; (2) la necesidad del involucramiento de la comunidad local, autoridades y equipos pluridisciplinarios en las políticas de desarrollo; y (3) el reconocimiento a la tradición y al saber de los pueblos indígenas como un valor adicional inestimable para todos los proyectos de Geoparques en la región. La Declaración de Araripe en su versión completa puede ser revisada en el Anexo A.

2.3.2 Antecedentes Nacionales

Si las iniciativas relacionadas al patrimonio geológico alrededor del mundo son relativamente recientes, en Chile son aún más incipientes. No obstante, tanto su estudio como la conciencia respecto de su conservación han ido desarrollándose con más fuerza durante los últimos años.

A diferencia de lo que ocurre, por ejemplo, con el patrimonio arqueológico o paleontológico, actualmente no se cuenta con una estructura legal bien definida que promueva la protección del patrimonio geológico. En este sentido, la categoría legal que abarca de mejor manera este aspecto son los ‘Santuarios de la Naturaleza’, cuya declaración está en manos del Ministerio del Medio Ambiente.

Esto debido a que, en referencia a dicha categoría, el artículo 31° de la ley N°17288 de Monumentos Nacionales incorpora de manera expresa a lugares que puedan poseer interés geológico: “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...” (Ley N°17288).

De esta manera, la declaración de sitios de interés geológico en la categoría de Santuario de la Naturaleza asoma como una posibilidad para la conservación del patrimonio geológico nacional. No obstante, hasta el momento existen sólo 6 sitios, en esta categoría de protección, que poseen una ‘subcategoría según uso’ de tipo Geológica o Geomorfológica (Martínez, 2010). Por lo tanto, en el aspecto legal, el desarrollo de las iniciativas de conservación es aún muy pobre.

Sin embargo, durante los últimos años sí se ha comenzado a avanzar en lo que respecta al estudio del geopatrimonio en el país y al desarrollo de iniciativas que buscan promover su conservación. Para el año 2009, por ejemplo, el patrimonio geológico in-situ ya había sido abordado en varias cartas de la Serie Geología Ambiental de la Carta Geológica de Chile, tales como la Geología para Ordenamiento Territorial de Osorno (Pérez *et al.* 2003), Valdivia (Arenas *et al.* 2005), Temuco (Troncoso *et al.* 2008) y Antofagasta (Fernández y Marín, 2009). En el contexto de este último, por ejemplo, se seleccionaron ocho sitios de interés geopatrimonial que constituyen afloramientos representativos del Jurásico hasta el Holoceno (Mourgues, 2009).

La relevancia que ha ido adquiriendo el geopatrimonio llevó también a la inclusión de un simposio dedicado exclusivamente al tema en el XII Congreso Geológico Chileno, realizado el año 2009 en Santiago.

Otro ejemplo lo constituye el ‘Programa de Detección y Establecimiento de Geositios’ impulsado por la Sociedad Geológica de Chile. Este programa busca replicar los esfuerzos que se han venido realizando en otros países, en cuanto a la generación de un inventario nacional de geositios, a proposición de la comunidad geológica del país. La idea es lograr contar con una base de datos de los geositios de mayor interés, con el objetivo de fomentar su preservación, así como también su divulgación hacia el público general, en la medida que ello se pueda hacer sin inconvenientes para el geositio. En su página web, se describen las principales características de 22 geositios que ya forman parte del inventario (<http://www.sociedadgeologica.cl/geositios/>).

Adicionalmente se han realizado inventarios de geositios y estudios referentes al geopatrimonio a escalas más locales, como por ejemplo, los trabajos de Castro *et al.* (2010) en la costa Sur de Atacama, Castro *et al.* (2012) sobre el Mar de Dunas de Atacama, o Mardones (2012) en el complejo volcánico de Pali Aike, XII Región.

Otros trabajos pueden ser consultados en las Actas del ‘I Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile’, realizado el año 2011 en Melipeuco, IX Región de la Araucanía. Dicho evento, que corresponde a otro buen ejemplo del impulso que ha tomado el estudio y la conservación del geopatrimonio en nuestro país, constituyó una excelente oportunidad para coordinar los distintos esfuerzos que se han estado realizando en la materia.

Uno de los hitos ocurridos durante ese simposio, fue la redacción de la Declaración de Melipeuco. Así como en la Declaración de Araripe se proclamaban los principios para la creación de Geoparques en América Latina, el objetivo de la Declaración de Melipeuco fue hacer lo propio a nivel nacional, reafirmando los principios manifestados en Araripe. Para una lectura completa de esta declaración, véase el Anexo B.

La iniciativa en la cual se enmarca este trabajo es, como se ha mencionado, el proyecto para la creación del Geoparque Kütralkura (“Piedra de Fuego”, en mapudungun). Dicho proyecto comenzó a desarrollarse el año 2009, buscando incorporar este territorio de la Araucanía Andina a la Red Global de Geoparques de la UNESCO. Su objetivo es promover, por medio de un trabajo conjunto con la comunidad local, el desarrollo sostenible de la región y la conservación del geopatrimonio, mediante la generación de programas de educación y geoturismo.

El proyecto comprende de cuatro etapas, tres de las cuales se desarrollan de manera lineal: (1) la etapa de diseño, (2) la etapa de implementación y (3) la etapa de monitoreo y transferencia. La cuarta etapa se ha realizado de manera transversal desde el comienzo del proyecto y corresponde al trabajo de difusión, el cual se realiza no sólo hacia afuera sino sobre todo al interior de la zona,

como una condición necesaria para hacer partícipe a la comunidad local en el desarrollo del proyecto.

En cuanto al catastro de los elementos geopatrimoniales en Kütralkura, actualmente ya se cuenta con un primer inventario de geositios, realizado en el Parque Nacional Conguillío y sus alrededores por Martínez (2010). El objetivo de este trabajo es, principalmente, extender dicho inventario hacia el sector oriental del Geoparque, correspondiente a la comuna de Lonquimay.

3. METODOLOGÍA

El propósito inherente de todo estudio de geopatrimonio consiste en identificar, valorar, conservar y divulgar los elementos de mayor valor en una determinada zona (Carcavilla *et al.* 2007). En este trabajo se desarrollan principalmente las fases de identificación y valoración de los potenciales geositios. Adicionalmente, se pretende generar una discusión que permita establecer algunas consideraciones y recomendaciones, de cara al desarrollo de las posteriores fases de conservación y divulgación.

Las metodologías utilizadas para los estudios de geopatrimonio son muy variadas y han sido ampliamente discutidas en la literatura. En principio, las mayores diferencias entre éstas surgen a partir de las distintas aplicaciones que se le quiera dar al estudio: una investigación puede tener distintos objetivos y, por lo tanto, distintas formas de ser abordada. También pueden variar en función de la escala de trabajo y de las distintas particularidades de la zona de estudio.

La metodología aplicada en el presente trabajo se ha desarrollado sobre la base de estas consideraciones, y ha sido generada a partir de las propuestas y discusiones expuestas en los trabajos de Brilha (2005), García-Cortés and Carcavilla (2009), y Carcavilla *et al.* (2007). A grandes rasgos, ésta constituye un sistema cualitativo-cuantitativo de evaluación, que puede dividirse en 3 etapas:

- (1) **Catalogación:** se identifican los potenciales sitios de interés y se les clasifica en función de sus características.
- (2) **Valoración:** se asignan puntajes a los sitios por medio de la ponderación de distintos parámetros.
- (3) **Diagnóstico:** se interpretan los resultados y se realiza una discusión acerca de sus implicancias.

A continuación se describe cómo se realiza cada una de estas fases.

3.1 Fases Previas a la Catalogación

Antes de comenzar con la fase de catalogación, se debe: (1) limitar el área de estudio, (2) realizar una recopilación bibliográfica y documental acerca de las características geológicas del área de estudio, así como de otra información que pueda resultar relevante, y (3) generar una síntesis geológica de la zona. Además, se deben realizar algunas consideraciones previas, tales como la escala de trabajo o la tipología de los potenciales sitios de interés (qué tipo de lugares se van a considerar), así como dejar claro cuáles son los objetivos y usos que se le dará al inventario. Todos estos aspectos tendrán marcada influencia sobre el método de realización del mismo (Carcavilla *et al.* 2007).

Como ya se ha mencionado, el área de estudio del presente trabajo corresponde a la comuna de Lonquimay, en la Araucanía Andina. Esta comuna corresponde al sector oriental del Geoparque Kütralkura, cuyos límites han sido definidos de acuerdo a criterios tanto geológicos como administrativos.

En cuanto a la bibliografía compilada para la realización del inventario, se han revisado distintos artículos científicos y trabajos de investigación en las áreas de geología, paleontología y arqueología en la zona de estudio. Adicionalmente, se ha consultado otro tipo de documentación, como aquella relacionada con el desarrollo turístico, la referida a la existencia y manejo de áreas protegidas y bienes patrimoniales y la normativa vigente para su protección. Con el fin de organizar la información en un sistema de información geográfica (mediante el uso del software *ArcGIS 10*), se complementó con cartografía geológica y topográfica, cartografía básica (con hidrografía, localización de poblaciones, áreas protegidas, vías de comunicación, límites administrativos, etc.) e imágenes satelitales. Por último, también se revisó documentación relativa al estudio del geopatrimonio y a la realización de inventarios de geositos, tanto en Chile como en el extranjero.

Con respecto a la síntesis geológica de la zona de estudio, ésta se ha presenta en el capítulo 4. Cabe destacar la importancia de una clasificación de los *contextos geológicos* presentes en la zona de estudio, en parte porque –como se verá más adelante– éstos constituyen una base importante para la etapa de valoración. Esto, debido a que el grado de interés o relevancia de un sitio no puede ser evaluado sino entendiéndolo desde el contexto en el que éste se sitúa. Por esta razón, la síntesis geológica consta no sólo de un marco geológico general, sino que también de una posterior discusión acerca de cómo se relacionan los contextos geológicos locales con aquellos que han sido propuestos para el territorio nacional (Mourgues *et al.*, 2012).

Con respecto a la escala de trabajo, es importante mencionar que la metodología ha sido diseñada para un estudio de carácter local, por lo que difícilmente puede ser aplicada en estudios de mayor escala como, por ejemplo, un inventario nacional de geositos. En este sentido, se ha preferido priorizar por la generación de un sistema que sea fiel a los objetivos del estudio, antes que uno

que pueda ser aplicable de manera estándar para distintas situaciones. Estos objetivos, así como los usos que se le dará al inventario de geositorios, han sido mencionados en el capítulo 1.

Finalmente, en cuanto a la tipología de los sitios a evaluar, se ha intentado incluir elementos que posean distintos tipos de interés geológico, de manera que el conjunto de geositorios seleccionados representen características asociadas a las distintas disciplinas de las Ciencias de la Tierra. En particular, se incluyen elementos de interés geomorfológico, estratigráfico, sedimentológico, paleontológico, volcánico, petrológico, estructural, mineralógico, geoquímico, hidrogeológico y minero. En cuanto a su tamaño, éstos pueden ser desde pequeños afloramientos hasta rasgos geomorfológicos o estructuras geológicas de mayores dimensiones. Se han incluido solamente sitios de naturaleza inmueble, por lo que el patrimonio geológico mueble no ha sido considerado en el presente trabajo.

3.2 Catalogación

Esta primera fase engloba dos acciones que suelen encontrarse estrechamente relacionadas: la *identificación* y la *clasificación* de los sitios.

El proceso de identificación consistió en la selección de todos aquellos sitios que, a juicio del autor, podrían ser parte del inventario final de geositorios. La lista se generó, en parte, a partir de la revisión de artículos científicos y listados de sitios turísticos. Por otra parte, la entrevista a personas conocedoras de la zona (habitantes, guías locales y personal de CONAF, así como profesionales del ámbito de las Ciencias de la Tierra que han realizado investigaciones en la comuna), así como las campañas de prospección en terreno, constituyeron importantes mecanismos a la hora de identificar potenciales geositorios.

Las primeras exploraciones en campo se realizaron entre los meses de Enero y Marzo de 2011, periodo en el cual fueron identificados 22 potenciales geositorios. Entre los meses de Diciembre de 2012 y Enero de 2013, se efectuaron nuevas salidas a terreno, en las cuales se identificaron 31 potenciales geositorios.

En cuanto a la clasificación de los sitios, éstos se han dividido de acuerdo a ciertos parámetros, como el tipo de interés geológico principal, el contexto geológico al que pertenece, su situación administrativa, distancia al poblado más cercano, etc. Esta clasificación constituye una de las bases sobre las cuales se evaluarán los sitios.

3.3 Valoración

Para asegurar cierta homogeneidad en el manejo de los datos, éstos se ordenan utilizando fichas descriptivas. La ficha utilizada en este trabajo se presenta en la figura 3.1. Ésta ha sido adaptada de la utilizada para la evaluación de los primeros geositorios de Kütralkura (Martínez, 2010).

Código	Nombre
Características de Uso	
Comuna:	<input type="text"/>
Localidad:	<input type="text"/>
Coordenadas:	<input type="text"/> <input type="text"/>
Altitud:	<input type="text"/> msnm.
Poblado(s) más próximo(s):	Distancia a punto más próximo de acceso en:
<input type="text"/>	Distancia: <input type="text"/> km
<input type="text"/>	Distancia: <input type="text"/> km
	Bus: <input type="text"/> m
	Auto: <input type="text"/> m
	4X4: <input type="text"/> m
Uso Actual:	<input type="text"/>
Asociación con elementos de índole:	Natural: A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
	Cultural: A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
Observaciones:	<input type="text"/>
Características Intrínsecas	
Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):	<input type="text"/>
Tipo(s) de Interés Geológico:	<input type="text"/>
Publicaciones que lo incluyen:	<input type="text"/>
Localidad Tipo:	Estado de Conservación:
SI <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Secundaria <input type="checkbox"/>	Condiciones de Observación:
NO <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Observaciones:	<input type="text"/>
Características de Protección	
Situación Legal:	<input type="text"/>
Recolección de Objetos:	Fragilidad Intrínseca:
Posible <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Restringido <input type="checkbox"/>	Vulnerabilidad a los procesos naturales:
NO <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
Observaciones:	<input type="text"/>

Figura 3.1. Fichas para la catalogación de potenciales sitios de interés.

La información contenida en estas fichas se ordena en torno a los tres *ejes fundamentales* a valorar en un punto de interés geológico (Cendrero, 1996). Éstos son:

- (1) su *valor intrínseco*
- (2) su *potencialidad de uso*, y
- (3) su *necesidad de protección*.

Desde la perspectiva de Carcavilla *et al.* (2007), sin embargo, es el ‘riesgo de degradación’ un término más apropiado para referirse al tercer aspecto, ya que su necesidad de protección (o ‘prioridad de protección’) será una medida que dependerá, en parte, del puntaje obtenido durante la valoración de las categorías anteriores. Por esta razón, propone valorar la prioridad de protección de los sitios en una etapa posterior, sugerencia que ha sido acogida en el presente estudio.

Cada uno de los ejes fundamentales tiene asociado una serie de ‘parámetros’, a los cuales se les asigna un puntaje determinado (en una escala de 0 a 4, para el caso del presente estudio), los que luego son ponderados con el fin de obtener un puntaje final. Este proceso se conoce como valoración o *cuantificación*.

Los parámetros que se usaron en este trabajo se resumen en la tabla 3.1. Están adaptados de aquellos utilizados para la evaluación de los primeros geositos identificados en Kütralkura (Martínez, 2010). Con una u otra variante, éstos parámetros han sido ampliamente considerados en distintas metodologías de valoración, entre ellas, las propuestas en los trabajos de Brilha (2005), García-Cortés and Carcavilla (2009), Bruschi and Cendrero (2005), Panizza (1999) y Coratza and Giusti (2005), entre otros.

Tabla 3.1. Parámetros utilizados para la valoración de los puntos de interés.

Parámetros Intrínsecos	Parámetros de Uso	Parámetros de Protección
Rareza	Utilidad Didáctica	
Representatividad	Accesibilidad Vial	Posibilidad de Recolección de Objetos
Grado de Conocimiento Científico	Accesibilidad Estacional	Fragilidad Intrínseca
Localidad Tipo	Grado de Dificultad del Acceso	Amenazas Actuales o Potenciales
Diversidad Geológica	Proximidad a Centros Poblados	Vulnerabilidad a los Procesos Naturales
Estado de Conservación	Asociación con Elementos Culturales	Situación Legal Actual
Condiciones de Observación	Asociación con Elementos Naturales	
Calidad Visual	Uso Actual	

Para asignar valor a cada uno de estos parámetros, se utiliza una serie de ‘criterios’, a cada uno de los cuales se le asigna un puntaje. Estos criterios se presentan en la tabla 3.2. La idea es asignar definiciones que sean lo suficientemente precisas como para no dar lugar a dobles interpretaciones a la hora de asignar el puntaje.

Tabla 3.2. Criterios asociados a cada uno de los parámetros de valoración.

PARÁMETRO	CRITERIO	
	CODIGO	DEFINICIÓN
1- Rareza (Singularidad) Valoriza los sitios más singulares del territorio. Se evalúa en función del número de ocurrencias semejantes en el área de estudio.	E	Sólo existe 1 ejemplo en la comuna
	D	Existen 2-3 ejemplos de la comuna
	C	Existen 4-10 ejemplos en la comuna
	B	Existen 11-20 ejemplos en la comuna
	A	Existen más de 20 ejemplos en la comuna
2- Representatividad Refleja la capacidad del sitio para ilustrar las características representativas de uno o más contextos geológicos.	E	Mejor ejemplo representativo, en la comuna, de un contexto geológico, y representativo de otros.
	D	Mejor ejemplo representativo, en la comuna, de un solo contexto geológico.
	C	Representativo de más de un contexto geológico.
	B	Representativo de un solo contexto geológico.
	A	Ninguna de las anteriores
3- Grado de conocimiento científico Da una idea de la importancia científica del sitio, en función de su mención en distintos tipos de publicaciones.	E	Citado en más de una tesis académica, capítulo de libro o artículos de revistas científicas.
	D	Citado en tesis u otro tipo de publicación técnico-científica
	C	Citado en artículo de revista nacional
	B	Citado en relatos técnicos, planes de manejo o bases de datos científicas
	A	No existe alguna referencia sobre el geositio
4- Localidad Tipo Estos sitios constituyen una referencia en su categoría para el área de estudio.	C	Reconocido como localidad tipo
	B	Reconocido como localidad tipo 'secundaria'
	A	No es reconocido como localidad tipo
5- Diversidad Geológica Valoriza aquellos sitios con mayor cantidad de tipos de interés geológico.	E	Presenta más de 4 tipos de interés geológico
	D	Presenta 4 tipos de interés geológico
	C	Presenta 3 tipos de interés geológico
	B	Presenta 2 tipos de interés geológico
	A	Presenta 1 tipo de interés geológico
6- Estado de conservación Informa sobre el deterioro físico del sitio, en cuanto a sus características geológicas esenciales. Se consideran más valiosos aquellos sitios en mejor estado de conservación.	E	No hay daño visible, bien conservada
	D	Deterioro leve, pero aún mantiene las características geológicas esenciales
	C	Dañado, pero preserva las características geológicas esenciales
	B	Dañado como resultado de procesos naturales
	A	Muy deteriorada como resultado de actividades humanas
7- Condiciones de Observación Se evalúa en función de la facilidad o dificultad que ofrece el entorno para la observación del rasgo.	E	Óptimas, pueden ser observadas e identificadas sin dificultad
	D	Buena para todas las características geológicas relevantes
	C	Razonables, buena visibilidad pero hay que moverse alrededor para una observación completa
	B	Limitada por árboles o vegetación baja
	A	Deficientes
8- Utilidad didáctica Determina el tipo de actividades pedagógicas que se pueden llevar a cabo.	C	Es posible usarlo con fines didácticos para cualquier tipo de público, o para personas con conocimientos básicos
	B	Puede ser utilizado con fines didácticos para un público de perfil especializado
	A	Baja utilidad pedagógica
9- Posibilidad de Recolección de Objetos El potencial de uso disminuye para sitios que puedan resultar dañados a causa del expolio.	C	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio
	B	Posible recolección de algunas muestras pero con restricciones
	A	No es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio
10- Accesibilidad Vial Evalúa en función de la proximidad y el estado de los caminos que se utilizan para acceder al sitio.	E	Acceso por bus en rutas nacionales o locales y a menos de 100 m del camino
	D	Acceso por auto en rutas locales en buen estado y a menos de 500 m del camino
	C	Acceso por 4x4 y a menos de 500 m del camino o huella
	B	Acceso a pie a más de 500 m desde vehículo
	A	Acceso a pie a más de 1 km desde vehículo
11- Accesibilidad Estacional Evalúa en función de la posibilidad de acceder al sitio en distintas épocas del año.	E	Se puede visitar durante todo el año
	D	Se puede visitar durante tres estaciones del año
	C	Se puede visitar durante dos estaciones del año
	B	Se puede visitar durante una estación del año
	A	Difícil acceso en cualquier estación

12- Grado de dificultad del acceso Evalúa en función del esfuerzo físico que implica el acceso al sitio, así como de la necesidad de experiencia y/o equipamiento especial para realizar el trayecto.	E	Bajo, para cualquier persona
	D	Mediana-Baja, para personas afines a caminatas largas
	C	Medio, personas con buen estado físico y con ciertas prácticas de montaña
	B	Difficil, personas con buen estado físico y con experiencia en caminatas de media montaña
	A	Muy difícil, para personas con experiencia en caminatas de alta exigencia y/o sólo con equipos especiales
13- Proximidad a centros poblados Informa sobre la cercanía a poblados con oferta de servicios para turismo, tales como alojamiento y abastecimiento.	E	La capital comunal se ubica a menos de 5 km
	D	Existe una población con oferta de servicios a menos de 5 km
	C	Existe población con oferta de servicios entre 5 a 20 km
	B	Existe población con oferta de servicios entre 20 a 40 km
	A	Solo existen poblaciones con oferta de servicios a más de 40 km
14- Fragilidad Intrínseca Evalúa la vulnerabilidad del sitio en función de sus dimensiones y su naturaleza (yacimientos fosilíferos o mineralógicos)	E	Sitios pequeños que pueden ser destruidos por pequeñas intervenciones, o afloramientos minerales o fosilíferos de fácil depredación.
	D	Sitios que pueden ser fácilmente destruidos por intervenciones humanas poco agresivas
	C	Sitios que puedan ser destruidos, en parte, por intervenciones no muy intensas
	B	Grandes estructuras geológicas que pueden ser afectadas por actividades humanas pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.
	A	Aspecto geomorfológico que, por su tamaño, es difícilmente afectado de manera importante por actividades humanas.
15- Asociación con elementos culturales Valoriza la presencia de elementos asociados al patrimonio cultural.	C	Existencia de evidencias y/o vestigios arqueológicos en el área del geositio
	B	Existencia de elementos históricos o culturales vinculados al área del geositio
	A	No existen elementos de especial interés histórico o cultural
16- Asociación con elementos naturales Valoriza la presencia de elementos asociados al patrimonio natural.	C	Fauna y/o flora importante por su abundancia, o presencia de especies de especial interés
	B	Presencia significativa de fauna y flora nativa
	A	Escasos elementos naturales de interés
17- Calidad Visual Se asigna en consideración a los elementos del modelo de Rojas y Kong (1998), ver Anexo C.	E	Alta
	D	Media – Alta
	C	Media
	B	Baja – Media
	A	Baja
18- Uso actual Se evalúa en función de la existencia de iniciativas turísticas en el lugar y su promoción o divulgación	C	El lugar se encuentra vinculado a rutas y servicios ofrecidos por emprendedores locales (cabalgatas, trekking, etc)
	B	Promovido como lugar de interés geológico, cultural, natural o paisajístico.
	A	Sin divulgación ni uso.
19- Amenazas actuales o potenciales Se considera que el riesgo de degradación aumenta en la medida que aumentan las amenazas.	C	Zona incluida en área de expansión urbana o industrial. Lugar situado en una explotación minera (tanto activa como abandonada), en el talud de una carretera o en suelo urbano.
	B	Zona de carácter intermedio. Colindante con una actividad industrial o minera, colindante a suelo urbano no urbanizado o situado a menos de 50 m de una carretera
	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.
20- Vulnerabilidad a los procesos naturales Se evalúa en función de la capacidad del sitio para conservar sus rasgos frente a los procesos naturales y a la magnitud de las medidas de mitigación necesarias para su conservación.	C	Elevada vulnerabilidad frente a los procesos no antrópicos. Se requieren medidas de mitigación de mayor índole.
	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.
	A	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación.
21- Situación legal actual	C	Lugar sin ningún tipo de protección legal

Informa sobre el nivel de protección legal del sitio	B	Lugar incluido en un área de protección legal
	A	Lugar dentro de un área protegida

Si bien las distintas metodologías suelen utilizar similares parámetros en el proceso de valoración, las mayores diferencias se manifiestan en la forma en cómo éstos se utilizan para el cálculo del puntaje final.

Por ejemplo, en la metodología de Brilha (2005), se utilizan los puntajes asignados a cada uno de los parámetros para obtener una calificación asociada a cada uno de los tres ejes fundamentales: un valor intrínseco (A), otro asociado a la potencialidad de uso (B) y otro que guarda relación con la necesidad de protección (C). En este caso, el valor final del geositio (Q) viene dado por las ecuaciones [3.1] y [3.2]:

$$Q = \frac{A+B+C}{3} \text{ para geositorios de ámbito local/regional} \quad [3.1]$$

$$Q = \frac{2A+B+1.5C}{3} \text{ para geositorios de ámbito nacional/internacional} \quad [3.2]$$

En este caso, los geositorios de ámbito nacional/internacional se definen como aquellos sitios en los que se alcanza una cota mínima, definido por el autor, en cada uno de los siguientes parámetros: Rareza, Grado de Conocimiento Científico, Localidad Tipo, Estado de Conservación, Posibilidad de Realizar Actividades y Condiciones de Observación.

Para algunos autores, sin embargo, esto último plantea una serie de problemas. Por ejemplo, según Elízaga and Palacio (1996) el uso de la escala ‘local / regional / nacional / internacional’ no es el más adecuado, ya que asigna a los geositorios cierta relevancia que a veces excede el ámbito de la zona de estudio, lo cual metodológicamente no es correcto: “Para asignar una importancia nacional a un PIG perteneciente a un inventario regional es necesario conocer muy bien la geología del país y conocer los demás ejemplos de ese tipo” (Carcavilla *et al.* 2007). Esta dificultad se vuelve aún más crítica para la asignación de la relevancia internacional.

Otro aspecto que no siempre genera adhesión, es la idea de obtener un valor final único para el geositio, como el que se obtiene mediante las ecuaciones [3.1] y [3.2]: “...no parece recomendable sumar juntos los resultados obtenidos en la medida del valor intrínseco, potencialidad de uso y riesgo de degradación, por mucho que se apliquen coeficientes a cada una de estas variables. Este sumatorio sólo serviría para mezclar la información, que para algo había sido clasificada antes en esas tres variables” (Carcavilla *et al.* 2007). El problema con un valor final único, en definitiva, es que no se sabe muy bien qué significa, y por lo tanto, no constituiría un aporte adecuado para el desarrollo de futuras políticas de gestión y conservación de los sitios.

A pesar de las distintas visiones que existen sobre este tema, parece haber consenso en la utilidad de los sistemas cualitativo-cuantitativos para la valoración de los puntos de interés. Algunas propuestas recientes han introducido innovadoras modificaciones, como la agrupación de los

parámetros en torno a categorías de uso, de manera que los resultados reflejen el grado de interés que posee un sitio para su utilización científica, didáctica o turístico-recreativa. Algunos ejemplos de este tipo de sistemas se pueden ver en la propuesta metodológica para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (García-Cortés y Carcavilla, 2009), o en el reconocido trabajo realizado por Pereira (2010) en Chapada Diamantina, Brasil. Una metodología de este tipo también está siendo utilizada para la valoración de locales de interés geológico en la comuna de San José de Maipo (Benado, en preparación).

Para el desarrollo del presente trabajo, se ha utilizado un sistema de valoración en torno a categorías de uso, dada su notable adaptación a los objetivos del estudio y a la utilización que se pretende dar al inventario de geositos. Los valores y pesos asignados a cada parámetro, para las distintas categorías de uso, se presentan en la tabla 3.3, la cual constituye una extensión de la tabla 3.2. En ésta se observa que los parámetros se han ponderado de cuatro maneras distintas: una para cada categoría de uso (científica, didáctica y turístico-recreativa) y una cuarta para el cálculo del riesgo de degradación o vulnerabilidad.

Otra característica interesante de mencionar, es 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. Un ejemplo lo constituye la ‘Cercanía a centros Poblados’, que influye positivamente en la potencialidad de uso de un geosito pero que, al mismo tiempo, eleva su vulnerabilidad, debido a que puede ser más fácilmente afectado por actos de vandalismo. En otros casos, es la misma asignación de puntaje la que juega en sentido inverso, como en el caso de la ‘Fragilidad Intrínseca’: mientras mayor es la fragilidad intrínseca de un sitio, menor es su valor de uso, pero mayor su riesgo de degradación.

Una vez obtenidos los valores para estas 4 categorías, se procede a ordenar los sitios de acuerdo a sus valores, etiquetándolos con los rótulos “Excepcional”, “Alto”, “Medio” y “Bajo”. Los sitios que obtengan un valor excepcional o alto en cualquiera de las tres categorías de uso, serán seleccionados para formar parte del inventario final de geositos.

Los ‘valores de corte’ o ‘umbrales’ que marcan los límites entre los distintos rótulos, serán definidos de acuerdo a la siguiente manera:

$$Vc = X + k * \sigma \quad [3.3]$$

Donde Vc es el valor de corte, X el promedio de la muestra, σ su desviación estándar, y k una constante. En otras palabras, se separan los resultados dependiendo de cuánto se alejan éstos del promedio. El valor para la constante k se define de manera arbitraria y el criterio para su elección es, simplemente, poseer un número de geositos adecuado en el inventario, de manera que su gestión se vuelva manejable.

Tabla 3.3. Criterios, valores y pesos asociados a cada uno de los parámetros de valoración.

PARÁMETRO	CRITERIO		VALOR ASOCIADO				PESO			
	CODIGO	DEFINICIÓN	Cient.	Did.	T-R	RD	Cient.	Did.	T-R	RD
1- Rareza (Singularidad) Valoriza los sitios más singulares del territorio. Se evalúa en función del número de ocurrencias semejantes en el área de estudio.	E	Sólo existe 1 ejemplo en la comuna	4	4	-	-	15	5	-	-
	D	Existen 2-3 ejemplos de la comuna	3	3	-	-				
	C	Existen 4-10 ejemplos en la comuna	2	2	-	-				
	B	Existen 11-20 ejemplos en la comuna	1	1	-	-				
	A	Existen más de 20 ejemplos en la comuna	0	0	-	-				
2- Representatividad Refleja la capacidad del sitio para ilustrar las características representativas de uno o más contextos geológicos.	E	Mejor ejemplo representativo, en la comuna, de un contexto geológico, y representativo de otros.	4	4	-	-	25	5	-	-
	D	Mejor ejemplo representativo, en la comuna, de un solo contexto geológico.	3	3	-	-				
	C	Representativo de más de un contexto geológico.	2	2	-	-				
	B	Representativo de un solo contexto geológico.	1	1	-	-				
	A	Ninguna de las anteriores	0	0	-	-				
3- Grado de conocimiento científico Da una idea de la importancia científica del sitio, en función de su mención en distintos tipos de publicaciones.	E	Citado en más de una tesis académica, capítulo de libro o artículos de revistas científicas.	4	4	-	-	15	5	-	-
	D	Citado en tesis u otro tipo de publicación técnico-científica	3	3	-	-				
	C	Citado en artículo de revista nacional	2	2	-	-				
	B	Citado en relatos técnicos, planes de manejo o bases de datos científicas	1	1	-	-				
	A	No existe alguna referencia sobre el geositio	0	0	-	-				
4- Localidad Tipo Estos sitios constituyen una referencia en su categoría para el área de estudio.	C	Reconocido como localidad tipo	4	-	-	-	20	-	-	-
	B	Reconocido como localidad tipo 'secundaria'	2	-	-	-				
	A	No es reconocido como localidad tipo	0	-	-	-				
5- Diversidad Geológica Valoriza aquellos sitios con mayor cantidad de tipos de interés geológico.	E	Presenta más de 4 tipos de interés geológico	4	4	-	-	10	10	-	-
	D	Presenta 4 tipos de interés geológico	3	3	-	-				
	C	Presenta 3 tipos de interés geológico	2	2	-	-				
	B	Presenta 2 tipos de interés geológico	1	1	-	-				
	A	Presenta 1 tipo de interés geológico	0	0	-	-				
6- Estado de conservación Informa sobre el deterioro físico del sitio, en cuanto a sus características geológicas esenciales. Se consideran más valiosos aquellos sitios en mejor estado de conservación.	E	No hay daño visible, bien conservada	4	4	-	-	10	5	-	-
	D	Deterioro leve, pero aún mantiene las características geológicas esenciales	3	3	-	-				
	C	Dañado, pero preserva las características geológicas esenciales	2	2	-	-				
	B	Dañado como resultado de procesos naturales	1	1	-	-				
	A	Muy deteriorada como resultado de actividades humanas	0	0	-	-				

Tabla 3.3. (continuación) Criterios, valores y pesos asociados a cada uno de los parámetros de valoración.

PARÁMETRO	CRITERIO		VALOR ASOCIADO				PESO			
	CODIGO	DEFINICIÓN	Cient.	Did.	T-R	RD	Cient.	Did.	T-R	RD
7- Condiciones de Observación Se evalúa en función de la facilidad o dificultad que ofrece el entorno para la observación del rasgo.	E	Óptimas, pueden ser observadas e identificadas sin dificultad	4	4	4	-	5	5	5	-
	D	Buena para todas las características geológicas relevantes	3	3	3	-				
	C	Razonables, buena visibilidad pero hay que moverse alrededor para una observación completa	2	2	2	-				
	B	Limitada por árboles o vegetación baja	1	1	1	-				
	A	Deficientes	0	0	0	-				
8- Utilidad didáctica Determina el tipo de actividades pedagógicas que se pueden llevar a cabo.	C	Es posible usarlo con fines didácticos para cualquier tipo de público, o para personas con conocimientos básicos	-	4	-	-	-	20	-	-
	B	Puede ser utilizado con fines didácticos para un público de perfil especializado	-	2	-	-				
	A	Baja utilidad pedagógica	-	0	-	-				
9- Posibilidad de Recolección de Objetos El potencial de uso disminuye para sitios que puedan resultar dañados a causa del expolio.	C	Es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio	-	4	4	-	-	10	10	20
	B	Posible recolección de algunas muestras pero con restricciones	-	2	2	-				
	A	No es posible la recolección de muestras sin dañar al geositio	-	0	0	-				
10- Accesibilidad Vial Evalúa en función de la proximidad y el estado de los caminos que se utilizan para acceder al sitio.	E	Acceso por bus en rutas nacionales o locales y a menos de 100 m del camino	-	4	4	4	-	10	5	10
	D	Acceso por auto en rutas locales en buen estado y a menos de 500 m del camino	-	3	3	3				
	C	Acceso por 4x4 y a menos de 500 m del camino o huella	-	2	2	2				
	B	Acceso a pie a más de 500 m desde vehículo	-	1	1	1				
	A	Acceso a pie a más de 1 km desde vehículo	-	0	0	0				
11- Accesibilidad Estacional Evalúa en función de la posibilidad de acceder al sitio en distintas épocas del año.	E	Se puede visitar durante todo el año	-	4	4	-	-	5	5	-
	D	Se puede visitar durante tres estaciones del año	-	3	3	-				
	C	Se puede visitar durante dos estaciones del año	-	2	2	-				
	B	Se puede visitar durante una estación del año	-	1	1	-				
	A	Difícil acceso en cualquier estación	-	0	0	-				
12- Grado de dificultad del acceso Evalúa en función del esfuerzo físico que implica el acceso al sitio, así como de la necesidad de experiencia y/o equipamiento especial para realizar el trayecto.	E	Bajo, para cualquier persona	-	4	4	4	-	10	5	10
	D	Mediana-Baja, para personas afines a caminatas largas	-	3	3	3				
	C	Medio, personas con buen estado físico y con ciertas prácticas de montaña	-	2	2	2				
	B	Difícil, personas con buen estado físico y con experiencia en caminatas de media montaña	-	1	1	1				
	A	Muy difícil, para personas con experiencia en caminatas de alta exigencia y/o sólo con equipos especiales	-	0	0	0				

Tabla 3.3. (continuación) Criterios, valores y pesos asociados a cada uno de los parámetros de valoración.

PARÁMETRO	CRITERIO		VALOR ASOCIADO				PESO			
	CODIGO	DEFINICIÓN	Cient.	Did.	T-R	RD	Cient.	Did.	T-R	RD
13- Proximidad a centros poblados Informa sobre la cercanía a poblados con oferta de servicios para turismo, tales como alojamiento y abastecimiento.	E	La capital comunal se ubica a menos de 5 km	-	4	4	4	-	5	5	10
	D	Existe una población con oferta de servicios a menos de 5 km	-	3	3	3				
	C	Existe población con oferta de servicios entre 5 a 20 km	-	2	2	2				
	B	Existe población con oferta de servicios entre 20 a 40 km	-	1	1	1				
	A	Solo existen poblaciones con oferta de servicios a más de 40 km	-	0	0	0				
14- Fragilidad Intrínseca Evalúa la vulnerabilidad del sitio en función de sus dimensiones y su naturaleza (yacimientos fosilíferos o mineralógicos)	E	Sitios pequeños que pueden ser destruidos por pequeñas intervenciones, o afloramientos minerales o fosilíferos de fácil depredación.	-	0	0	4	-	5	10	25
	D	Sitios que pueden ser fácilmente destruidos por intervenciones humanas poco agresivas	-	1	1	3				
	C	Sitios que puedan ser destruidos, en parte, por intervenciones no muy intensas	-	2	2	2				
	B	Grandes estructuras geológicas que pueden ser afectadas por actividades humanas pero, por su magnitud, su destrucción es poco probable.	-	3	3	1				
	A	Aspecto geomorfológico que, por su tamaño, es difícilmente afectado de manera importante por actividades humanas.	-	4	4	0				
15- Asociación con elementos culturales Valoriza la presencia de elementos asociados al patrimonio cultural.	C	Existencia de evidencias y/o vestigios arqueológicos en el área del geositio	-	-	4	-	-	-	10	-
	B	Existencia de elementos históricos o culturales vinculados al área del geositio	-	-	2	-				
	A	No existen elementos de especial interés histórico o cultural	-	-	0	-				
16- Asociación con elementos naturales Valoriza la presencia de elementos asociados al patrimonio natural.	C	Fauna y/o flora importante por su abundancia, o presencia de especies de especial interés	-	-	4	-	-	-	10	-
	B	Presencia significativa de fauna y flora nativa	-	-	2	-				
	A	Escasos elementos naturales de interés	-	-	0	-				
17- Calidad Visual Se asigna según los rangos de puntaje obtenidos por medio de los criterios del modelo Rojas, Kong	E	Alta	-	-	4	-	-	-	15	-
	D	Media – Alta	-	-	3	-				
	C	Media	-	-	2	-				
	B	Baja – Media	-	-	1	-				
	A	Baja	-	-	0	-				
18- Uso actual Se evalúa en función de la existencia de iniciativas turísticas en el lugar y su promoción o divulgación	C	El lugar se encuentra vinculado a rutas y servicios ofrecidos por emprendedores locales (cabalgatas, trekking, etc)	-	-	4	-	-	-	20	-
	B	Promovido como lugar de interés geológico, cultural, natural o paisajístico.	-	-	2	-				
	A	Sin divulgación ni uso.	-	-	0	-				

Tabla 3.3. (continuación) Criterios, valores y pesos asociados a cada uno de los parámetros de valoración.

PARÁMETRO	CRITERIO		VALOR ASOCIADO				PESO			
	CODIGO	DEFINICIÓN	Cient.	Did.	T-R	RD	Cient.	Did.	T-R	RD
19- Amenazas actuales o potenciales Se considera que el riesgo de degradación aumenta en la medida que aumentan las amenazas.	C	Zona incluida en área de expansión urbana o industrial. Lugar situado en una explotación minera (tanto activa como abandonada), en el talud de una carretera o en suelo urbano.	-	-	-	4	-	-	-	10
	B	Zona de carácter intermedio. Colindante con una actividad industrial o minera, colindante a suelo urbano no urbanizado o situado a menos de 50 m de una carretera	-	-	-	2				
	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 Se evalúa en función de la capacidad del sitio para conservar sus rasgos frente a los procesos naturales, y a la magnitud de las medidas de mitigación necesarias para su conservación.	C	Elevada vulnerabilidad frente a los procesos no antrópicos. Se requieren medidas de mitigación de mayor índole.	-	-	-	4	-	-	-	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.	-	-	-	2				
	A	Vulnerabilidad muy baja frente a los procesos no antrópicos (inundaciones, remociones, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación.	-	-	-	0				
21- Situación legal actual Informa sobre el nivel de protección legal del sitio	C	Lugar sin ningún tipo de protección legal	-	-	-	4	-	-	-	10
	B	Lugar incluido en un área de protección legal	-	-	-	2				
	A	Lugar dentro de un área protegida	-	-	-	0				

Finalmente, se calcula el valor de la ‘Prioridad de Protección’, que –como se ha visto–, depende no sólo del riesgo de degradación del sitio, sino también de su interés. Por lo tanto, su valor vendrá dado por la suma simple de ambas cantidades (García-Cortés y Carcavilla, 2009):

$$\begin{aligned}PP(c) &= C + RD \\PP(d) &= D + RD \\PP(t) &= T + RD\end{aligned}\tag{3.4}$$

Los valores obtenidos se agruparán bajo los rótulos “Corto Plazo”, “Mediano Plazo”, “Largo Plazo” y “Baja”, y aquellos sitios que tengan una prioridad de protección al corto plazo, también serán incluidos en el inventario final de geositios. Los umbrales para estos rótulos se definen de la misma manera que para las categorías de uso.

3.4 Diagnóstico

Esta es la fase final de la metodología y consiste en analizar la información obtenida en las fases anteriores, discutir su significado y generar consideraciones de cara a futuras políticas de gestión y conservación en la comuna. Su realización es fundamental, ya que es lo que otorga utilidad al inventario de geositios (Carcavilla *et al.* 2007).

Además del análisis de los resultados, se realizará una discusión sobre la metodología aplicada y sobre otros aspectos que puedan resultar de interés para el desarrollo del proyecto Geoparque Kütralkura.

4. SÍNTESIS GEOLÓGICA

4.1 Marco Geológico General

Las unidades geológicas que afloran en la zona de estudio, incluyendo depósitos sedimentarios y volcánicos, evidencian distintos aspectos de una historia geológica que data desde, al menos, el periodo Jurásico.

En la figura. 4.1 se presenta el mapa geológico del área de la comuna, que distingue las principales unidades definidas por Suárez y Empanan (1997). Sobre la base del trabajo realizado por estos autores, en esta sección se presenta un marco geológico general del área de estudio.

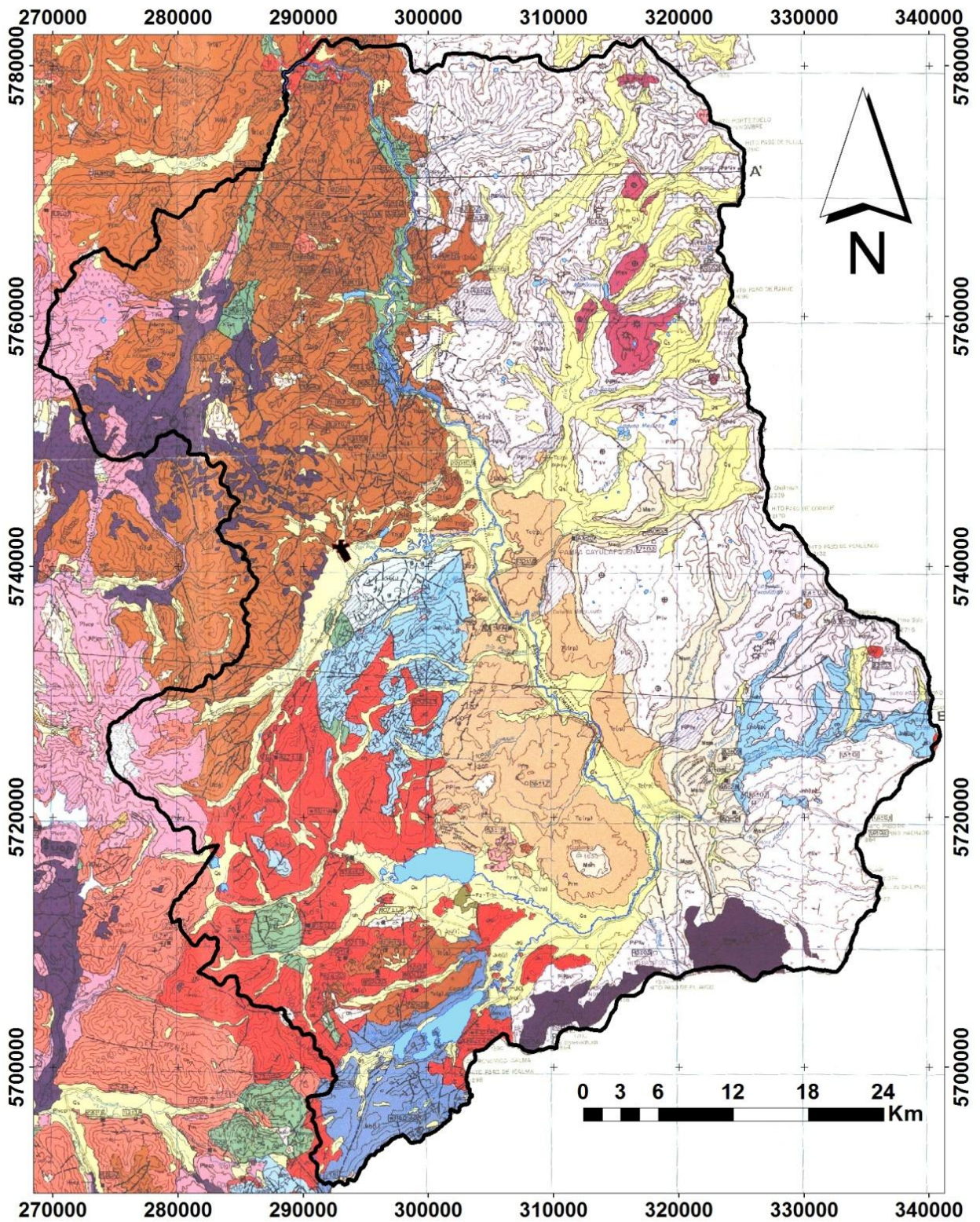


Figura 4.1. Mapa geológico del área de estudio, realizado a escala 1:250.000. Datum de la cuadrícula: WGS1984. La simbología asociada a este mapa se encuentra resumida en la figura 4.2. Modificado de Suárez y Emparan (1997).



Figura 4.2. Simbología de las unidades, centros poblados y principales cursos y cuerpos de agua en la figura 4.1.

4.1.1 Unidades Estratificadas

Las unidades estratificadas presentes en el área son:

- **Estratos de Huenucal Ivante (Pre-Jurásico?):**

El único afloramiento conocido se encuentra al SE del Lago Gualletué. Corresponde a una secuencia de metasedimentitas foliadas de 70 [m] de espesor, que habrían estado expuestas a deformación tectónica y, posteriormente, a un evento de metamorfismo termal asociado al emplazamiento de granitoides del Grupo Plutónico Gualletué. Este evento ha sido datado en 83 ± 3 Ma, mediante el método de K-Ar en roca total.

Debido a la ausencia de fósiles y relaciones de contacto con otras unidades estratificadas, aún existen dudas sobre la edad de los Estratos de Huenucal Ivante. Suárez y Emparan (1997) plantean la posibilidad de que sean más antiguos que las rocas jurásicas circundantes de la Formación Nacientes del Biobío, ya que en tales rocas no se ha reconocido una deformación comparable a la que se observa en esta unidad. No obstante, también sostienen que esta foliación podría obedecer a un tectonismo local sobreimpuesto a las rocas jurásicas.

- **Formación Nacientes del Biobío (Jurásico Inferior a Medio)**

Corresponde a una secuencia sedimentaria marina y volcánica de carácter marino y continental, que se habría depositado en el sector occidental de la cuenca jurásica de Neuquén. Está compuesta por los miembros Icalma, Lolén-Pacunto y Lonquimay.

El miembro Icalma está constituido por basaltos almohadillados, brechas basálticas monolíticas y basaltos macizos, con intercalaciones sedimentarias marinas turbidíticas (Suárez y Emparan, 1997).

El miembro Lolén-Pacunto corresponde a una sucesión sedimentaria clástica, fosilífera, interpretada como depósitos de corrientes de turbidez por De la Cruz (1989). Está formada, principalmente, por rocas pelíticas gris oscuras, areniscas, brechas, tufitas y tobas (De la Cruz, 1989; De la Cruz y Suárez, 1997).

El miembro Lonquimay comprende una unidad inferior sedimentaria marina, de rocas volcanoclásticas, calizas, areniscas cuarcíferas y lutitas; y una unidad superior volcánica, principalmente continental, de lavas andesíticas y rocas piroclásticas. En este miembro se han identificado dos discontinuidades estratigráficas muy marcadas, que reflejarían eventos erosivos debido a cambios en el nivel base (Suárez y Emparan, 1997).

En los distintos miembros de esta formación se ha encontrado evidencias de fauna fósil marina, como amonites y bivalvos, entre otros. Mediante el estudio de éstos y la correlación de unidades

y discontinuidades en Chile y Argentina, Suárez y Emparan (1997) sugieren una edad Pliensbachiana superior – Kimmeridgiano inferior para esta formación. El miembro Icalma se habría depositado con anterioridad al miembro Lolén-Pacunto, aunque ambos incluyen facies turbidíticas similares y, en parte, engranarían lateralmente. Posteriormente, el miembro Lolén-Pacunto presentaría un sincronismo parcial con el miembro Lonquimay.

La Formación Nacientes del Biobío exhibe pliegues y fallas que se habrían generado con anterioridad al Mioceno, probablemente en el Cretácico.

- **Complejo Vizcacha-Cumilao (Cretácico – Paleógeno?)**

Corresponde a una sucesión de rocas piroclásticas, lavas andesíticas macizas y subordinadamente basálticas. Rocas sedimentarias clásticas han sido asignadas a esta unidad, aunque sólo tentativamente: se han observado intercaladas con lavas andesíticas y engranarían con éstas, pero no se ha podido reconocer un contacto claro entre ambas. En algunas localidades las capas se presentan plegadas y basculadas.

Sobre la base de relaciones de contacto con otras unidades en el área y de la intensa alteración, fallamiento y plegamiento que presentan localmente, se les asigna una edad pre-miocena. Dataciones radiométricas K-Ar (roca total) realizadas por Suárez y Emparan (1997) arrojaron valores variables entre 73 ± 5 y $13,0\pm 3,2$ Ma, lo que se interpreta como edades mínimas de alteración. Sobre la base de estos antecedentes se infiere una edad, probablemente, cretácica para las rocas más antiguas de este complejo, existiendo la posibilidad de que, en parte, incluya rocas más jóvenes del Paleógeno (Suárez y Emparan, 1997).

El complejo Vizcacha-Cumilao representaría los productos de un volcanismo intermedio, aparentemente subaéreo, y de la acumulación de sedimentos en lagos.

- **Formación Cura-Mallín (Mioceno Inferior a Medio)**

Esta formación sobreyace discordantemente a la Formación Nacientes del Biobío y al Complejo Vizcacha-Cumilao. Asimismo, se habría depositado localmente sobre granitoides cretácicos del Grupo Plutónico Gualletué. Los depósitos incluyen rocas volcánicas andesíticas, dacíticas y riolíticas, así como rocas sedimentarias lacustres y fluviales. En la zona de estudio, la formación se subdivide en los miembros Guapitrío y Río Pedregoso, los que se intercalarían localmente (Suárez y Emparan, 1995, 1997; Radic *et al.* 2002). En la figura. 4.3 se presenta un esquema con la división litoestratigráfica de la formación.

La Formación Cura-Mallín representa la prolongación hacia el sur de la parte más joven de la Formación Abanico. Se acumuló en una cuenca extensional cenozoica, cuyo depocentro habría estado configurado por dos semi-grabens (uno al norte y otro al sur de los 38°S), conectados por una zona de acomodación (Radic *et al.* 2002; Croft *et al.* 2003). Posteriormente, durante el

Mioceno, la cuenca habría sufrido la inversión tectónica de las fallas normales que la limitaban (Elgueta, 1990; Vergara *et al.* 1997; Burns y Jordan, 1999; Jordan *et al.* 2001; Charrier *et al.* 2002; Radic *et al.* 2002).

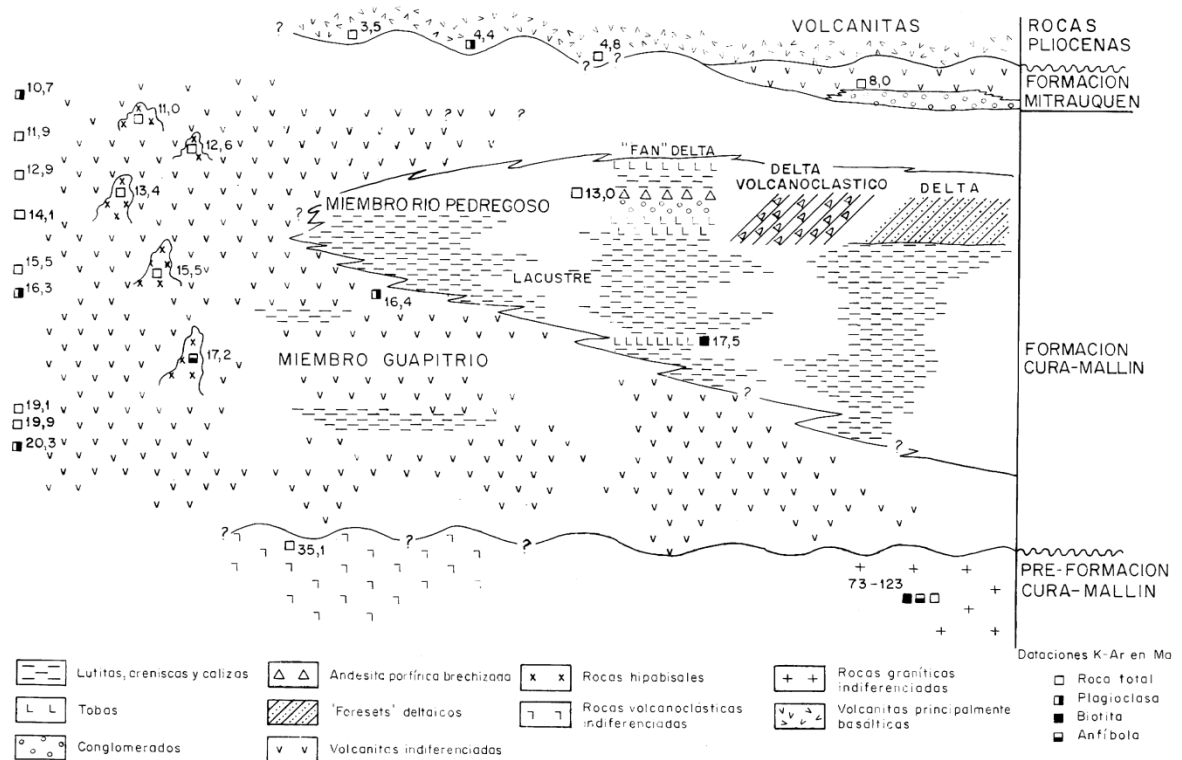


Figura 4.3. División litoestratigráfica de la Formación Cura-Mallín (Suárez y Emparan, 1995).

El miembro Guapitrío corresponde a una asociación volcánica principalmente piroclástica, con intercalaciones de lavas y capas sedimentarias continentales. También incluye diques y cuerpos hipabisales. Representaría los productos de una franja volcánica norte-sur que separaba una cuenca marina de antearco ('cuenca de Temuco'), hacia el W, de una cuenca continental en la que se acumularon los depósitos del miembro Río Pedregoso, hacia el E. Esta cuenca ha sido interpretada como un lago de intra-arco, de márgenes abruptos debido a relieve volcánico y/o fallamiento. A la depositación lacustre le habría seguido la progradación de deltas y el relleno del lago.

El miembro Río Pedregoso es principalmente sedimentario y en él se han identificado tres asociaciones de facies (lacustre, deltaica y fluvial). Es común la presencia de ceniza volcánica, ya sea mezclada con los sedimentos o formando capas tobáceas. En este miembro se ha identificado una gran variedad de fauna fósil que incluye estromatolitos, vertebrados y diferentes especies de agua dulce, entre otros. Destaca por su gran diversidad de peces fósiles del Terciario (Rubilar, 1994) y fue descrita por Rubilar-Rogers *et al.* (2012) como la única formación exclusivamente continental, en el registro fósil del Neógeno en Chile, que presentaba restos de aves (*Meganhinga chilensis*). Otras evidencias fósiles incluyen estromatolitos, palinomorfos, improntas de vegetales, mamíferos y diversas especies de agua dulce. Existen numerosas publicaciones que se refieren a

tales hallazgos, entre ellas las de Chang *et al.* (1978), Arratia (1982), Palma-Heldt (1983), Cisternas y Díaz (1985), Palma-Heldt y Rondanelli (1990), Rubilar y Abad (1990), Rubilar y Wall (1990), Wall *et al.* (1991), Rubilar (1992; 1994), Wall (1993), Palma-Heldt *et al.* (1994), Alvarenga (1995), Azpelicueta y Rubilar (1997; 1998), Croft *et al.* (2003).

Ambos miembros se correlacionarían hacia el norte con los miembros Río Queuco y Malla-Malla, de la Formación Cura-Mallín, y con parte de la Formación Trapa-Trapa, definidos por (Niemeyer and Muñoz, 1983).

Los fósiles de vertebrados terrestres incluidos en la Formación Cura Mallín son de edad santacrucense (Suárez *et al.* 1990; Wall *et al.* 1991), lo que corresponde a la parte superior del Mioceno inferior (Marshall *et al.* 1990). Por otro lado, dataciones K-Ar realizadas sobre lavas y tobas, tanto en roca total como en plagioclasa, entregaron edades entre $10,7 \pm 1,1$ y $19,9 \pm 1,4$ Ma, con excepción de una edad de $7,8 \pm 0,8$ obtenida para una toba alterada, la cual representaría una edad mínima de alteración (Suárez y Emparan, 1997). Sobre la base de estos antecedentes los autores asignan a la formación una edad miocena inferior a media.

- **Formación Mitrauquén (Mioceno Superior)**

Sobreyace localmente a la Formación Cura-Mallín. Se compone de un miembro sedimentario (esencialmente conglomerádico, con intercalaciones de ignimbritas dacíticas y lavas andesíticas) y un miembro volcánico (de lavas andesíticas y tobas). Este último sobreyace y engrana lateralmente con el primero.

El miembro sedimentario de la Formación Mitrauquén representa: (1) la acumulación de un abanico aluvial que, al menos en parte, habría progradado hacia un cuerpo de agua; y (2) los depósitos de un sistema de ríos trenzados que habrían sucedido al cono aluvial.

Las medidas de paleocorrientes, así como los tipos litológicos de los clastos, indican que los ríos habrían atravesado el área previamente ocupada por el lago del mioceno inferior-medio, transportando material erosionado hacia el SE.

Todo lo anterior (la erosión, el desarrollo de conos aluviales y ríos gravosos y la desaparición del lago) estaría indicando un descenso relativo del nivel base, el cual podría ser explicado tanto por un alzamiento tectónico como por cambios eustáticos (Suárez y Emparan, 1997).

- **Asociación Volcánica de la Precordillera Oriental (Plioceno Inferior a Pleistoceno Superior)**

Esta unidad agrupa estructuras volcánicas y lavas basálticas y andesíticas asociadas, que representan los productos de un frente volcánico Plioceno-Pleistoceno, el cual se ubicó al este del frente volcánico cuaternario. Actualmente, dichos productos se encuentran sobre un bloque

precordillerano elevado de orientación NNW (Bloque Copahue – Pino Hachado), el cual se encuentra limitado por los sistemas de falla Biobío–Aluminé (*BAF*, al oeste) y Cordillera del Viento (*CVF*, al este). Debido a la influencia de ambos sistemas de falla, el bloque constituye extensas mesetas que ocupan la parte superior de cordones por efecto del alzamiento y de la erosión del terreno circundante.

La Asociación Volcánica de la Precordillera Oriental ha sido dividida en tres conjuntos volcánicos que, de más antiguo a más reciente, son los siguientes:

El Conjunto Volcánico I (*CVI* - Plioceno a Pleistoceno Inferior) comprende dos secuencias (Llanquén-Ranquil y Tuetué) cuyos centros de emisión no han sido determinados, pero que serían los responsables de importantes eventos de alteración presentes en la zona de estudio. Adicionalmente, al *CVI* pertenecen los estratovolcanes erodados Rahue, Pino Solo y Tralilhue.

El Conjunto Volcánico II (*CVII* - Plioceno Superior a Pleistoceno Inferior) comprende las secuencias Pampa Cayulafquén y Cordillera de Huisa, las que tampoco tienen un centro de emisión reconocido. Adicionalmente, pertenece al *CVII* el Complejo Volcánico Pino Hachado, constituido por los productos de una caldera ubicada en el límite entre Chile y Argentina.

El Conjunto Volcánico III (*CVIII* – Pleistoceno Superior) es el más joven, se observa parte de sus productos rellenando paleorelieves. Asimismo, incluye centros de emisión (como el estratovolcán Lago Mariñanqui) que se alzan sobre el relieve erosionado de las unidades anteriores. En la zona de estudio incluye distintas sucesiones de lavas y depósitos piroclásticos.

Las rocas de esta asociación volcánica representarían un volcanismo de transición intra-tras-arco (Muñoz y Stern, 1985; 1988; 1989), desarrollado durante el Plioceno y Pleistoceno Superior.

- **Conjunto de Volcanes de la Cordillera Principal (Cuaternario)**

En tiempos más recientes el frente volcánico habría migrado hacia el oeste, desde la ubicación que tenía en el Plioceno-Pleistoceno Inferior hasta su posición actual. El actual frente volcánico forma una franja de orientación aproximada NNE, a diferencia de la orientación NNW que se observa para el frente Plioceno-Pleistoceno (Muñoz y Stern, 1989).

El frente volcánico cuaternario se ubica sobre la cordillera principal y conforma las cumbres más altas de la región. Entre los 38° y 39°S, comprende cinco volcanes, que de sur a norte son: Sollipulli, Llaima, Sierra Nevada (inactivo), Lonquimay y Tolguaca.

El volcán Sollipulli es un estratovolcán-caldera activo que aloja un glaciar de más de 2 km³ de volumen. Entre los productos de este volcán se encuentran los depósitos de tefra de composición pumicítica generados durante la ‘erupción Alpehue’, un evento eruptivo pliniano que habría sido

desencadenado hace 2.900 años, debido a una mezcla de magmas de distintas composiciones (Naranjo *et al.* 1993).

El volcán Llaima es un volcán compuesto, mixto y de escudo, que se encuentra rodeado por *ca.* 40 conos adventicios. Ha experimentado etapas de erupciones esencialmente efusivas y otras de erupciones explosivas, con actividad desde el Pleistoceno superior hasta nuestros días (Moreno y Naranjo, 1991). Desde 1902 se han registrado alrededor de 30 erupciones, con actividad principalmente efusiva.

El extinto volcán Sierra Nevada es un estratovolcán del Pleistoceno superior, cuyas laderas están formadas principalmente por coladas de lava basálticas y por brechas volcánicas, de origen posiblemente lahárico. Ha sido afectado por, al menos, dos glaciaciones pleistocenas. En su cima posee una caldera erosionada de 3 km de diámetro, abierta hacia el oeste, y un glaciar en retroceso de *ca.* 8 km² de superficie (Thiele *et al.* 1987).

El Complejo Volcánico Lonquimay está conformado por un estratovolcán principal y una cadena de conos adventicios, ubicados a lo largo de una fisura de 8 km de longitud con orientación NE-SW, denominada ‘Cordón Fisural Oriental’ (Moreno y Gardeweg, 1989). El cono piroclástico más reciente, llamado cono Navidad, se formó durante una erupción que comenzó el 25 de diciembre de 1988 y que terminó en enero de 1990, la cual ha sido estudiada en detalle por Moreno y Gardeweg (1989), Gardeweg *et al.* (1990) y Naranjo *et al.* (1991). El cono, que alcanzó 210 m de altura sobre su base, está formado por piroclastos balísticos tipo bombas, lapilli grueso y escasas salpicaduras (Moreno y Gardeweg, 1989). Adicionalmente, generó una colada de lavas andesíticas afaníticas, con microcristales de plagioclasa y, en menor medida, de clinopiroxeno, olivino y magnetita (Moreno y Gardeweg, 1989). Dicha colada avanzó más de 10 km en dirección al valle de Lolco (Suárez y Emparan, 1997).

El volcán Tolguaca corresponde a un estratovolcán mixto (de lavas y piroclastos), cuyos productos van desde basaltos a dacitas. Presenta rasgos geomorfológicos y otras evidencias de una intensa erosión glacial, sobre todo en los flancos oriental y sur, donde ha quedado al descubierto gran parte de la secuencia estratificada.

- **Depósitos No Consolidados (Cuaternario)**

Thiele *et al.* (1987) describieron depósitos de distintos tipos (glaciales, fluviales, aluviales y de remoción en masa), en una porción del área de estudio. Depósitos piroclásticos y de flujos de detritos (principalmente laháricos) aparecen también expuestos en el área.

Los depósitos glaciales comprenden principalmente depósitos morrénicos (tilloides), glacialacustres (varvados) y bloques erráticos en cumbres altas. Muchos de los depósitos se encuentran hacia el curso superior del río Biobío y estarían asociados a la última Edad Glacial

que afectó la zona, aunque algunos, como los del margen NE del Lago Gualletué, podrían ser más antiguos (Thiele *et al.* 1987).

Entre los depósitos fluviales más antiguos del Cuaternario, muchos forman distintos niveles de terrazas en los valles más importantes de la zona. En algunos se han generado depósitos de placeres que han sido explotados como lavaderos de oro desde fines del siglo XIX. La edad de estos depósitos fluviales sería holocena a subactual, aunque en algunos casos las edades podrían extenderse hasta el último periodo glacial. Los depósitos fluviales más recientes, en tanto, corresponden a gravas, arenas y, excepcionalmente, depósitos más finos, en zonas de inundación o en las zonas de desembocadura en los lagos Galletué e Icalma (Thiele *et al.* 1987).

Respecto a los depósitos de abanicos aluviales recientes estudiados por Thiele *et al.* (1987), éstos presentan escasa matriz arenosa, estratificación poco definida y pendientes del orden de los 10–20°. Se habrían acumulado por una depositación caótica y masiva de tipo torrencial.

Los deslizamientos gravitacionales, en tanto, son muy comunes en el área. Se postula que muchos de ellos se habrían generado debido a la pérdida de soporte, al retirarse los hielos que cubrían los valles, a fines de la última era glacial (Suárez y Emparan, 1997).

Los depósitos piroclásticos corresponden principalmente a intercalaciones de tefra cuya procedencia no está del todo clara, aunque al menos una parte se encontraría asociada a la erupción Alpehue del volcán Sollipulli (Suárez y Emparan, 1997).

4.1.2 Unidades Intrusivas

Las rocas intrusivas en el área de estudio se han agrupado en cuatro unidades. Dos de ellas constituyen grandes franjas plutónicas, otra corresponde a un ‘stock’ aislado y la última agrupa a todos los cuerpos hipabisales de la zona, con excepción de aquellos que fueron incorporados a la Formación Cura-Mallín.

- **Grupo Plutónico Gualletué (Jurásico Superior a Cretácico)**

Es una extensa faja plutónica constituida por tonalitas, granodioritas y, en menor medida, por monzogranitos y dioritas cuarcíferas, así como otros tipos petrográficos minoritarios. Forman un batolito en el sector sur del área de estudio.

Si bien algunos diques andesíticos y aplíticos han sido reconocidos, éstos son escasos en la unidad. Lo mismo ocurre con inclusiones encontradas, principalmente, en monzogranitos. Las variaciones areales en el tipo de mineral máfico dominante, correspondientes a anfíbolos y biotitas, constituyen otro aspecto característico de esta faja.

El Grupo Plutónico Gualletué subyace a la Formación Cura-Mallín con discordancia de erosión, e intruye a los Estratos de Huenucal Ivante y a la Formación Nacientes del Biobío. El emplazamiento de estos granitoides constituye un evento de generación de alteración, tanto en el contacto con la roca caja como al interior de la misma unidad intrusiva.

Las edades K-Ar en biotita y anfíbola, obtenidas para rocas de esta unidad, permitirían separarla en tres subunidades (148-140 Ma, 126 Ma y 108-80 Ma), cuyas edades van desde el Jurásico Superior al Cretácico Superior.

- **Stock Lolco (Paleoceno)**

Incluye principalmente monzogranitos y sienogranitos. No contiene inclusiones y, localmente, se presentan cataclásticos.

Intruye al Complejo Vizcacha-Cumilao, e infrayace con discordancia de erosión a la Formación Cura-Mallín, por lo que se considera pre-Miocena. La edad paleocena asignada se interpreta como mínima y ha sido asignada sobre la base de la edad obtenida para un sienogranito, mediante el método de K-Ar en roca total (63 ± 2 Ma).

- **Grupo Plutónico Melipeuco (Mioceno)**

Constituye una extensa franja de rocas graníticas, de orientación aproximada N-S. Aflora principalmente en el extremo occidental del área de estudio, al oeste del Lago Gualletué, y en la ladera oriental del volcán Sierra Nevada. En esta zona, los tipos petrográficos dominantes son monzogranitos, granodioritas y tonalitas.

Las rocas del Grupo Plutónico Melipeuco intruyen al Complejo Vizcacha-Cumilao. Además estarían, en parte, intruyendo a la Formación Cura-Mallín, y en parte, siendo sobreyacidas por ésta. Se piensa, por lo tanto, que estos intrusivos podrían representar las raíces de la franja volcánica asociada a la Formación Cura-Mallín. Las edades K-Ar en biotita, en anfíbola y en roca total, obtenidas para rocas de esta unidad, varían entre *ca.* 15 y 7 Ma (Mioceno medio-superior) (Suárez y Emparan, 1997).

- **Intrusivos Hipabisales de Río Renaico y Cerro Mocho (Plioceno)**

Agrupada diques, filones mantos y cuerpos intrusivos irregulares, de andesitas y, localmente, basaltos y gabros. Se encuentran emplazados en unidades de edad pre-pliocena superior. Además, las dataciones K-Ar en anfíbola y roca total indican edades en torno al Plioceno inferior (entre 5,3 y 2,6 Ma) (Suárez y Emparan, 1997).

Los mayores afloramientos expuestos en el área de estudio ocurren en las cabeceras del Estero Contreras (en el extremo norte de la comuna) y en el Cerro Mocho (al NE del Lago Gualletué).

4.1.3 Rasgos Estructurales

Suárez y Emparan (1997) distinguieron 3 unidades estratigráfico-estructurales principales, las que son:

- **Unidad Estructural Mesozoica:** Evidenciada por los plegamientos y fallas que afectan a la Formación Nacientes del Biobío y que se encuentran bajo estratos subhorizontales de la Formación Cura-Mallín y del CVII de la Asociación Volcánica de la Cordillera Oriental. En consecuencia, se infiere que estos pliegues y fallas se habrían generado con anterioridad al Mioceno.
- **Unidad Estructural Miocena:** Evidenciada por el suave plegamiento que exhibe la Formación Cura-Mallín, bajo los estratos esencialmente subhorizontales de la Formación Mitrauquén. Esto podría indicar una suave discordancia angular entre ambas unidades, aunque también podría ser una respuesta diferente de ambas frente a un mismo tectonismo suave.
- **Unidad Estructural Post-Miocena:** Afectaría a las unidades más jóvenes presentes en la zona de estudio. Un ejemplo se encuentra en el valle de Pino Solo, donde la Formación Nacientes del Biobío se dispone sobre la Formación Mitrauquén, debido a una falla inversa vergente al oeste. Esta unidad estructural fue también estudiada por García Morabito y Folguera (2005).

Se identificaría también una cuarta unidad, si se considera el control estructural que existe en la localización de los volcanes activos de la región. Adicionalmente, si los estratos de Huenucal Ivante representan efectivamente rocas pre-jurásicas, existiría una unidad estructural más antigua, responsable de la foliación que estas rocas exhiben.

En la comuna destacan dos grandes sistemas de falla, de orientación norte-sur a nor-noroeste y nor-noreste. Corresponden, respectivamente, a los sistemas de falla de Biobío-Aluminé y Liquiñe-Ofqui. Estas fallas forman parte de un sistema de más amplia distribución, que se extiende hacia el norte y el este del área de estudio (Muñoz y Stern, 1988).

La ubicación precisa del sistema de falla de Liquiñe-Ofqui tiene 3 interpretaciones (Suárez y Emparan, 1997):

- (1) A través de los volcanes Llaima y Lonquimay y el valle de Lolco.
- (2) A través de la laguna Verde (al este del Llaima), la Sierra Nevada y el valle de Lolco.
- (3) A través de una franja ancha que incluye (1) y (2)

4.2 Relación con los Contextos Geológicos Nacionales

En el capítulo 2 se ha mencionado que el programa *Geosites* ha animado a los países a que adopten sus propios contextos geológicos para la selección de sus geositos. En Chile este trabajo ya ha comenzado a realizarse, con la propuesta de contextos geológicos nacionales presentada

por Mourgues *et al.* (2012). Para efectos de este trabajo se ha correlacionado la geología local con los contextos geológicos planteados en dicho trabajo.

Hasta el momento se incluyen 22 contextos geológicos representativos de los elementos fundamentales de la historia geológica de Chile. Sin embargo, la propuesta es aún de carácter preliminar y se espera que durante los próximos años sea discutida y aprobada por la comunidad geocientífica nacional, proceso que debiese ser encabezado por la Sociedad Geológica de Chile. Será necesario someter a revisión la correlación que a continuación se expone, una vez que se haya alcanzado el consenso y se hayan generado los contextos geológicos chilenos definitivos. En el área de estudio, se ven representados 9 de los 22 contextos geológicos nacionales, los cuales son:

- **Ciclos marinos del Triásico – Jurásico (CTJ)**, representados por la Formación Nacientes del Biobío.
- **Batolitos y Complejos Plutónicos del Mesozoico (BM)**, representado por el Complejo Plutónico Galletué.
- **Arco volcánico del Mesozoico (AVM)**, representado por las sucesiones volcánicas y las intercalaciones sedimentarias clásticas asignadas al Complejo Vizcacha-Cumilao.
- **Batolitos del Cenozoico y los grandes pórfidos cupríferos y depósitos de oro de Chile (BC)**, representados por el Grupo Plutónico Melipeuco, el Stock Lolco, los intrusivos hipabisales de Río Renaico y Cerro Mocho y aquellos que han sido asignados a la Formación Cura-Mallín.
- **Depósitos continentales cenozoicos y sus fósiles vertebrados (DCC)**, donde se incluye el resto de la Formación Cura-Mallín, la Formación Mitrauquén y los productos agrupados en la Asociación Volcánica de la Precordillera Oriental.
- **Volcanismo Cuaternario (VC)**, representado por los productos de los volcanes Sollipulli, Sierra Nevada, Lonquimay y Tolguaca, así como las vertientes termales y las áreas de alteración hidrotermal relacionadas con el volcanismo reciente.
- **Mega Estructuras y Neotectónica de Chile (NTEC)**, donde se incluyen las estructuras asociadas a los sistemas de falla Liquiñe-Ofqui y Biobío-Aluminé. Se incluyen también los distintos tipos de remoción en masa.
- **Geoformas y depósitos glaciales del centro y sur de Chile (GLC)**, presentes en numerosos valles glaciales, incluye morrenas y otros elementos asociados a la acción glacial, sobre todo durante la última glaciación.
- **Ambientes fluvioaluviales del Neógeno-Cuaternario (FNC)**, representados en numerosas llanuras de inundación, terrazas fluviales y abanicos aluviales, generalmente asociados a los valles más importantes de la zona.

Fuera de esta correlación quedan los Estratos de Huenulcal Ivante, debido que hasta el momento no existen estudios concluyentes que permitan asignarlos con claridad a un contexto geológico determinado.

Otro aspecto a considerar resulta del difuso límite que puede existir entre un contexto y otro, al aplicarlo a una unidad determinada. Esto es interpretado como una consecuencia natural que surge al encasillar, dentro de límites discretos (como son los contextos geológicos definidos), algo que por naturaleza es continuo y complejo, como es la historia geológica de una región.

Por último cabe mencionar que un geosítio determinado puede representar más de un contexto geológico, dado que en él pueden relacionarse unidades asignadas a distintos contextos. Además, esto puede ocurrir debido a que los contextos geológicos no son excluyentes entre sí. El número de contextos representados en un sitio de interés, como se vio en el capítulo 3, es un indicador de su grado de representatividad y, por lo tanto, constituye un factor importante para su valoración.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en cuanto al proceso de catalogación, valoración y selección de los geosítios. Adicionalmente se realiza una discusión, cuyo fin es generar algunas consideraciones respecto del significado de los resultados y sus implicancias, de cara a la gestión de los georecursos culturales en la comuna.

5.1 Catalogación de los Potenciales Geosítios

A partir de la información obtenida por medio de la revisión bibliográfica, las entrevistas a geólogos y personalidades locales, y la prospección en terreno, se generó un listado de 53 potenciales geosítios. Su distribución en la zona de estudio se ilustra en la figura 5.1, mientras que las coordenadas de referencia se presentan en el Anexo D.

Todos los contextos geológicos reconocidos en el área de estudio se hallan representados en el conjunto de sitios de interés identificados (tabla 5.1). Como se discutió en el capítulo 4, en cada sitio puede verse representado un distinto número de contextos. Es así como, por ejemplo, los sitios ‘Meseta Batea Mahuida’ y ‘Discordancias de Contraco’ se relacionan con hasta cuatro contextos, mientras que existen varios sitios que se asocian a un solo contexto. Un caso particular lo constituyen los ‘estratos de Huenucal Ivante’, que no fueron asignados a ningún contexto debido a que no existe información concluyente al respecto.

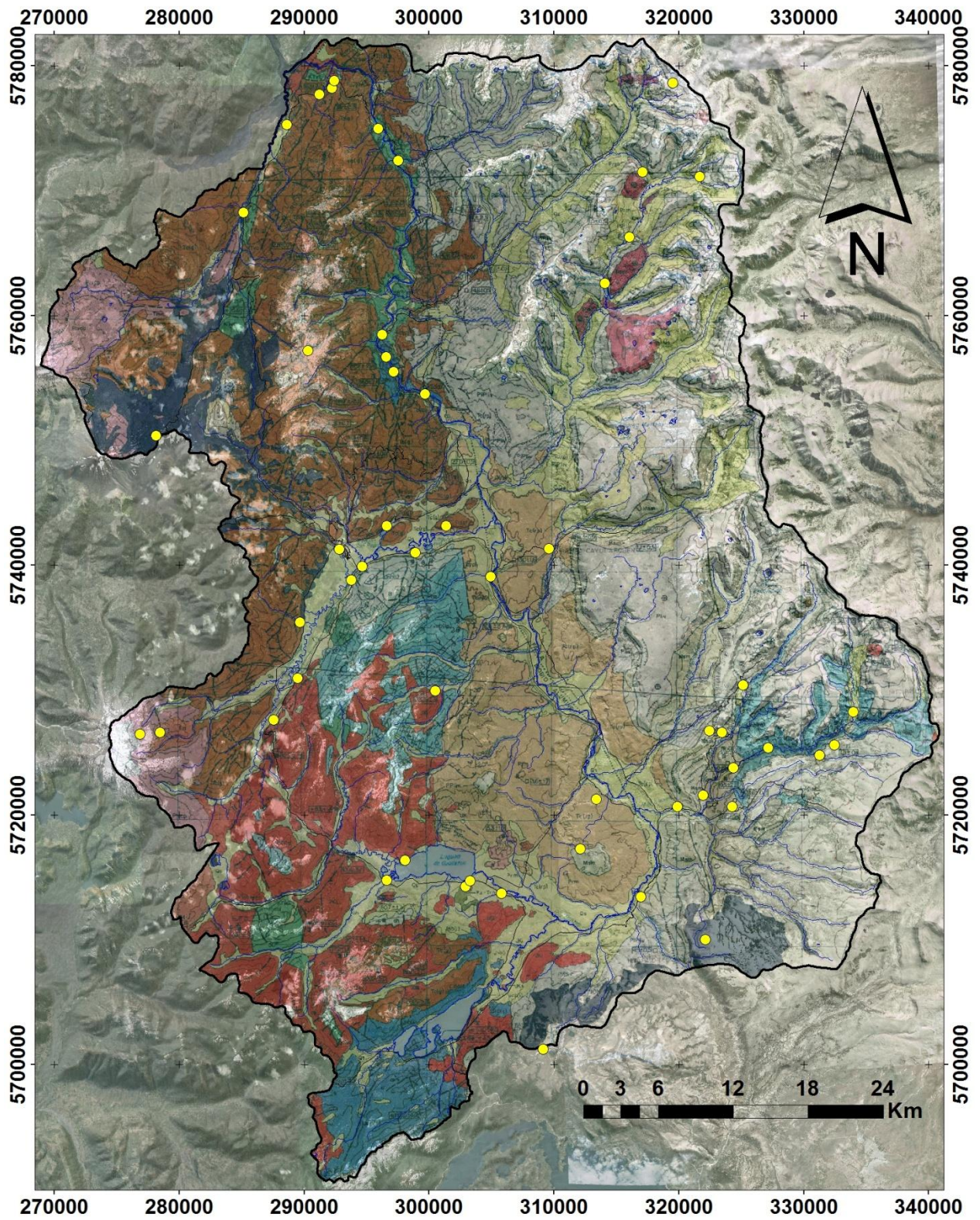


Figura 5.1. Distribución de los 53 potenciales geositos identificados en la comuna.

Tabla 5.1. Contextos geológicos representados en cada uno de los sitios identificados en el área de estudio. Los recuadros rojos indican el contexto geológico principal.

NOMBRE	CONTEXTOS GEOLÓGICOS REPRESENTADOS								
	AVM	BM	BC	CTJ	DCC	VC	FNC	NTEC	GLC
Arenas del Biobío						x	x		
Areniscas jurásicas de Lonquimay				x					
Azufreras de Pelehue					x	x			x
Barra del río Miraflores							x		
Basalto de Llanquén	x								
B.A.P.P.				x					
Brechas de Lolco					x				
Cascada Alaska					x				
Coluvios cubiertos de tefra en Lonquimay						x		x	
C.D.C.R.					x				
Conglomerados de Liucura					x				
Cordón Fisural Oriental						x		x	
Cuernos del Bonipen									x
Cuevas de Pino Solo				x	x				
Desembocadura del río Ñirreco		x					x		
Discordancias de Contraco	x			x			x	x	
Estero Piedras Paradas					x				
Estratos de Huenual Ivante									
Estratos del Colorado					x	x			
E.P.L.					x		x		
Estrías pintadas de Galletué		x							x
Falla Pino Solo				x	x			x	
Fallas de Tralilhue					x		x	x	
Glaciar Sierra Nevada			x			x			x
Granodioritas de Pacunto		x							
Guijarros del cerro Rucañanco					x				
Intrusivo en el valle de Lolco			x						
Intrusivo La Fusta		x				x	x		
Intrusivo Mogote Pino			x		x	x		x	
Intrusivos del valle de Lonquimay		x							
Lago Mariñanco					x			x	x
Lago San Pedro					x				x
Limonitas de Tralilhue			x	x					
Lutitas de Paso Paz				x					
Portezuelo Lengas Escritas					x			x	x
Meseta Batea Mahuida					x	x		x	x
Morrena frontal Galletué									x

Morrena Portales						x			x
Remoción cerro el Calvario				x				x	
Salto de Pulul					x				
Salto Lonquimay						x		x	x
Toba ‘Piedra blanca’					x				
Toba ‘Piedra de la novia’					x				
Toba Balseadero Caracoles					x				
Toba Cruzada Chica					x			x	
Turbiditas de Pino Solo				x					
Valle de Mitrauquén					x			x	x
Valle del estero Pichitralihue				x	x				x
Vertiente termal de Coyuco						x			
Volcanitas de Lolco					x			x	
Volcanitas jurásicas del Biobío				x					
Yacimiento de carbón cerro Rucamanque					x				
Zona de alteración Puertas de Cuchare				x		x			
TOTAL (CONTEXTO REPRESENTADO)	2	5	4	11	26	13	7	13	13
TOTAL (CONTEXTO PRINCIPAL)	1	3	3	5	17	5	3	6	9

La figura 5.2 ilustra las grandes diferencias existentes para el número de sitios en que se ve representado cada uno de los contextos geológicos. Dado el hecho de que no todos los contextos tienen la misma influencia sobre el área de estudio, la asimetría sería, en parte, consecuencia de una situación natural. Por ejemplo, las unidades que definen el contexto ‘BC’^{5.1} apenas afloran dentro de los límites la comuna (fig. 4.1), mientras que las unidades asociadas al contexto ‘DCC’^{5.2} abarcan la mayor parte de toda el área de estudio. Esta situación se ve reflejada en los 4 y 26 sitios identificados, respectivamente, para cada uno de estos contextos. Sin embargo, también existen contextos que se hallan sub- o sobre-representados, lo que se puede ver al comparar los 5 y 13 sitios para los contextos ‘BM’ y ‘VC’, respectivamente^{5.3}.

Para encontrar la proporción adecuada que contribuya a maximizar la representatividad del universo muestral, un estudio en detalle de Geodiversidad en la zona puede ser de gran utilidad. Dicho estudio, que no será incluido en el presente trabajo, plantea una serie de dificultades que deben ser abordadas de manera adecuada, sobre todo si se considera el hecho de que los

^{5.1} “Batolitos del Cenozoico y los grandes pórfidos cupríferos y depósitos de oro de Chile”: incluye al Grupo Plutónico Melipeuco, al Stock Lolco, los intrusivos hipabisales de Río Renaico y Cerro Mocho, y aquellos que han sido asignados a la Formación Cura-Mallín.

^{5.2} “Depósitos continentales cenozoicos y sus fósiles de vertebrados”: incluye al resto de la Formación Cura-Mallín, a la Formación Mitrauquén y a la Asociación Volcánica de la Precordillera Oriental.

^{5.3} “Batolitos y Complejos Plutónicos del Mesozoico” y “Volcanismo Cuaternario”, respectivamente.

contextos geológicos no son mutuamente excluyentes y que dos de ellos (NTEC y GLC^{5.4}) representan rasgos que difícilmente pueden ser medidos en términos de extensión superficial.

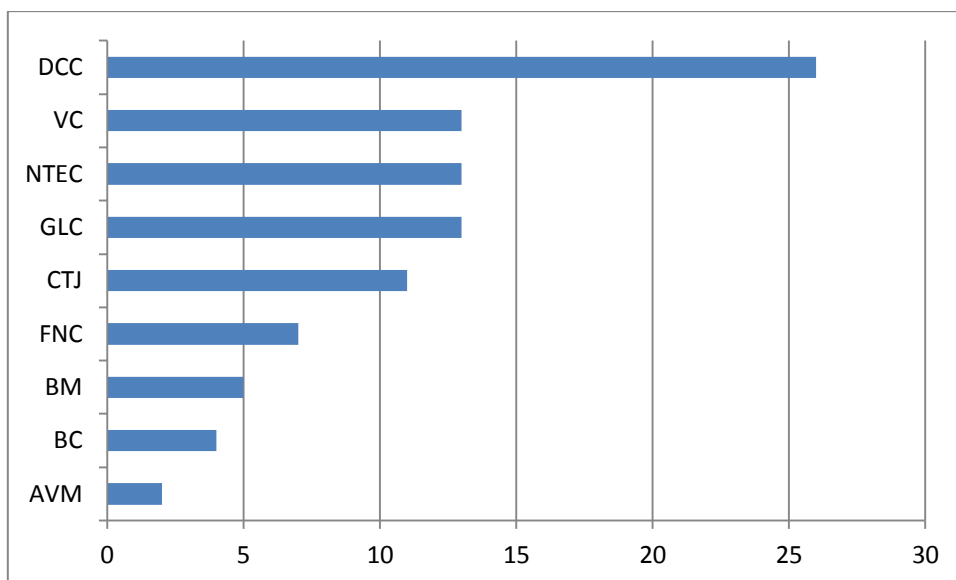


Figura 5.2. Número de sitios en los que se ve representado cada contexto geológico.

Durante la etapa de catalogación, cada sitio fue clasificado atendiendo a distintos aspectos. Además de los contextos geológicos representados en el punto, se consideró otros atributos, tales como su distancia a centros poblados, su estado de conservación, su utilidad didáctica, etc. Con el fin de generar la información necesaria que serviría como insumo para la etapa de valoración, se hizo uso de la cartilla de la figura 3.1, la cual fue diseñada atendiendo a los parámetros intrínsecos, de uso y de protección descritos en las tablas 3.1 y 3.2.

5.2 Valoración y selección de los sitios

Los datos recopilados durante la fase de catalogación fueron ordenados y homogenizados, encasillando la información de acuerdo a los criterios que se presentan en la tabla 3.2. El resultado de dicho proceso se presenta en las tablas 5.2, 5.3 y 5.4.

Hecho esto, se procedió a valorar los sitios. Esto se realizó asignando puntajes a los criterios y ponderándolos como se describe en la tabla 3.3. De esta manera, cada sitio obtuvo cuatro puntajes distintos: tres de ellos asociados a las categorías de uso (científico, didáctico, turístico-recreativo) y un cuarto puntaje asociado a su riesgo de degradación. Los resultados de dicho proceso se resumen en la tabla 5.5.

^{5.4} “Mega Estructuras y Neotectónica de Chile” y “Geoformas y depósitos glaciales del centro y sur de Chile”, respectivamente.

Tabla 5.5. Puntajes obtenidos por cada sitio en las distintas categorías.

NOMBRE	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	TURÍSTICO - RECREATIVO	RIESGO DE DEGRADACIÓN
Arenas del Biobío	105	225	140	285
Areniscas jurásicas de Lonquimay	160	225	125	270
Azufreras de Pelehue	205	275	280	50
Barra del río Miraflores	80	190	225	190
Basalto de Llanquén	90	205	220	185
B.A.P.P.	230	240	170	340
Brechas de Lolco	75	225	205	180
Cascada Alaska	105	200	240	180
Coluvios cubiertos de tefra en Lonquimay	120	300	200	260
C.D.C.R.	310	245	180	240
Conglomerados de Liucura	90	250	210	260
Cordón Fisural Oriental	330	345	325	100
Cuernos del Bonipen	140	215	220	140
Cuevas de Pino Solo	115	195	260	75
Desembocadura del río Ñirreco	130	265	310	220
Discordancias de Contraco	240	345	265	205
Estero Piedras Paradas	70	205	175	275
Estratos de Huenual Ivante	215	250	195	200
Estratos del Colorado	125	230	175	275
E.P.L.	125	275	155	305
Estrías pintadas de Galletué	140	270	240	250
Falla Pino Solo	260	335	255	135
Fallas de Tralilhue	135	310	210	215
Glaciar Sierra Nevada	255	270	305	90
Granodioritas de Pacunto	135	185	235	185
Guijarros del cerro Rucañanco	70	150	135	115
Intrusivo en el valle de Lolco	70	225	205	210
Intrusivo La Fusta	140	270	245	215
Intrusivo hipabisal Mogote Pino	145	210	260	75
Intrusivos del valle de Lonquimay	160	300	210	250
Lago Mariñanco	210	250	310	85
Lago San Pedro	130	225	280	185
Limonitas de Tralilhue	115	225	215	130
Lutitas de Paso Paz	60	160	180	305
Meseta Batea Mahuida	200	320	350	120
Morrena frontal Galletué	120	210	185	130
Morrena Portales	145	315	165	250

Portezuelo Lengas Escritas	115	240	290	60
Remoción Cerro el Calvario	80	260	185	210
Salto de Pulul	70	140	270	110
Salto Lonquimay	180	275	320	75
Toba Piedra Blanca	140	285	200	270
Toba Piedra de la Novia	125	265	280	200
Toba Balseadero Caracoles	50	180	225	210
Toba Cruzada Chica	110	240	280	120
T.P.S.	220	295	230	260
Valle de Mitrauquén	255	320	215	130
Valle del estero Pichitralihue	135	235	230	65
Vertiente termal de Coyuco	80	200	265	150
Volcanitas de Lolco	105	225	200	240
Volcanitas jurásicas del Biobío	135	185	195	240
Yacimiento de carbón cerro Rucamanque	235	265	185	220
Zona de alteración Puertas de Cuchare	115	185	240	75

Para la selección de los sitios que serán incorporados al inventario, se procedió a agruparlos de acuerdo a los puntajes obtenidos, asignándoles los rótulos “Excepcional”, “Alto”, “Medio” y “Bajo” en cada una de las categorías. Los umbrales para estos rótulos fueron calculados como se describe en la ecuación [3.3], donde la constante ‘k’ es arbitraria y se fijó con el objetivo de asegurar un número deseable de geositos en el inventario. De esta manera, se fijó:

$$K_{\text{ALTO-EXCEPCIONAL}} = 2$$

$$K_{\text{MEDIO-ALTO}} = 1$$

$$K_{\text{BAJO-MEDIO}} = -1$$

Los resultados de este proceso se presentan en la tabla 5.6. Sobre la base de estos resultados se llevó a cabo el proceso de selección. Los geositos que se incluyeron en el inventario fueron todos aquellos que obtuvieron un puntaje “Excepcional” o “Alto” en cualquiera de las tres categorías de uso.

Tabla 5.6. Parámetros estadísticos, umbrales y puntajes asociados a cada una de las 3 categorías de uso.

CATEGORÍA	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		UMBRALES		
	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	EXCEPCIONAL	ALTO	MEDIO
Científico	145	65	276	211	80
Didáctico	244	49	343	293	195
Turístico-Recreativo	228	51	331	279	176

USO CIENTÍFICO		USO DIDÁCTICO		USO TURÍSTICO-RECREATIVO	
GEOSITIO	PUNTAJE	GEOSITIO	PUNTAJE	GEOSITIO	PUNTAJE
Cordón Fisural Oriental	330	Cordón Fisural Oriental	345	Meseta Batea Mahuida	350
C.D.C.R.	310	Discordancias de Contraco	345	Cordón Fisural Oriental	325
Falla Pino Solo	260	Falla Pino Solo	335	Salto Lonquimay	320
Glaciar Sierra Nevada	255	Meseta Batea Mahuida	320	Lago Mariñanco	310
Valle de Mitrauquén	255	Valle de Mitrauquén	320	Desembocadura del río Ñirreco	310
Discordancias de Contraco	240	Morrena Portales	315	Sierra Nevada	305
Yacimiento de carbón cerro Rucamanque	235	Fallas de Tralilhue	310	Portezuelo Lengas Escritas	290
B.A.P.P.	230	Coluvios cubiertos de tefra en Lonquimay	300	Azufreras de Pelehue	280
T.P.S.	220	Intrusivos del valle de Lonquimay	300	Lago San Pedro	280
Estratos de Huenucal Ivante	215	T.P.S.	295	Toba Piedra de la Novia	280
				Toba Cruzada Chica	280

En cuanto al riesgo de degradación, éste no constituye un criterio de selección por sí mismo sino que, como se mencionó en el capítulo 3, su puntaje se utiliza como insumo para estimar la Prioridad de Protección de los sitios, asociada a su uso científico, didáctico y turístico-recreativo. Dicha categoría se ha calculado mediante las ecuaciones [3.4] y, en base a los puntajes obtenidos, los sitios han sido agrupados en las categorías “Corto Plazo”, “Mediano Plazo”, “Largo Plazo” y “Baja”, de acuerdo a los umbrales calculados mediante la ecuación [3.3]. En este caso, los valores de la constante ‘k’ han sido definidos de la siguiente manera:

$$K_{\text{MEDIANO PLAZO-CORTO PLAZO}} = 1.6$$

$$K_{\text{LARGO PLAZO-MEDIANO PLAZO}} = 1.3$$

$$K_{\text{BAJA-LARGO PLAZO}} = 1$$

Los resultados de este proceso se presentan en la tabla 5.7.

Tabla 5.7. Parámetros estadísticos, umbrales y puntajes asociados a la prioridad de protección.

CATEGORÍA	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		UMBRALES		
	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO	LARGO PLAZO
PP. Científico	330	93	479	451	423
PP. Didáctico	429	93	577	550	522
PP. Turístico-Recreativo	413	58	505	488	471

PP. CIENTÍFICO		PP. DIDÁCTICO		PP. TURÍSTICO-RECREATIVO	
GEOSITIO	PUNTAJE	GEOSITIO	PUNTAJE	GEOSITIO	PUNTAJE
B.A.P.P.	570	E.P.L.	580	Desembocadura del río Ñirreco	530
C.D.C.R.	550	B.A.P.P.	580	B.A.P.P.	510
T.P.S.	480	Morrena Portales	565	T.P.S.	490
Yacimiento de carbón cerro Rucamanque	455	Coluvios cubiertos de tefra en Lonquimay	560	Estrías pintadas de Galletué	490
Discordancias de Contraco	445	Toba Piedra Blanca	555	Lutitas de Paso Paz	485
Cordón Fisural Oriental	430	T.P.S.	555	Toba Piedra de la Novia	480
Areniscas jurásicas de Lonquimay	430	Discordancias de Contraco	550		
E.P.L.	430	Intrusivos del valle de Lonquimay	550		
		Fallas de Tralilhue	525		

Se observa que los sitios con prioridad de protección al corto plazo corresponden, en general, a geositios que ya habían sido incorporados al inventario debido a su potencial en alguna de las tres categorías de uso. La única excepción la constituyen los ‘E.P.L.’, que no habían sido incorporados debido a que el sitio no alcanzó los umbrales en ninguna de las tres categorías de uso (tabla 5.5). Sin embargo, debido a su elevado riesgo de degradación y a su considerable potencial didáctico, quedó posicionado como el sitio con mayor prioridad de protección en dicha área. Por tener prioridad al corto plazo, este sitio también ha sido agregado al inventario.

5.3 Geositios incorporados al inventario

En definitiva, se ha incorporado un total de 24 geositios al inventario, sobre la base de su potencial científico, didáctico, turístico-recreativo, o su prioridad de protección. El listado de geositios incorporados al inventario se presenta en la tabla 5.8, mientras que su distribución se ilustra en la figura 5.4. El número geositios en los cuales se halla representado cada uno de los contextos geológicos se ilustra en la figura. 5.3.

Finalmente, se presenta la ficha generada para cada uno de estos sitios durante el proceso de catalogación (fig. 3.1), sumado a una descripción de sus principales características. Es útil tener en cuenta que parte de la información contenida en la ficha se encuentra codificada: los contextos geológicos se indican según sus abreviaciones, presentadas en la sección 4.2; y los parámetros que se evalúan mediante letras (A, B, C, D, E) se basan en los criterios presentados en la tabla 3.2. Las coordenadas para los puntos GPS referenciados en las fichas se encuentran en el Anexo D.

Tabla 5.8. Listado de geositios incorporados al inventario

Código	Nombre
L01	Azufreras de Pelehue
L02	B.A.P.P.
L03	Coluvios cubiertos de tefra en Lonquimay
L04	C.D.C.R.
L05	Cordón Fisural Oriental
L06	Desembocadura del río Ñirreco
L07	Discordancias de Contraco
L08	Estratos de Huenucal Ivante
L09	E.P.L.
L10	Falla Pino Solo
L11	Fallas de Tralilhue
L12	Glaciar Sierra Nevada
L13	Intrusivos del valle de Lonquimay
L14	Lago Mariñanco
L15	Lago San Pedro
L16	Meseta Batea Mahuida
L17	Morrena Portales
L18	Portezuelo Lengas Escritas
L19	Salto Lonquimay
L20	Toba Cruzada Chica
L21	Toba Piedra de la Novia
L22	T.P.S.
L23	Valle de Mitrauquén
L24	Yacimiento de carbón cerro Rucamanque

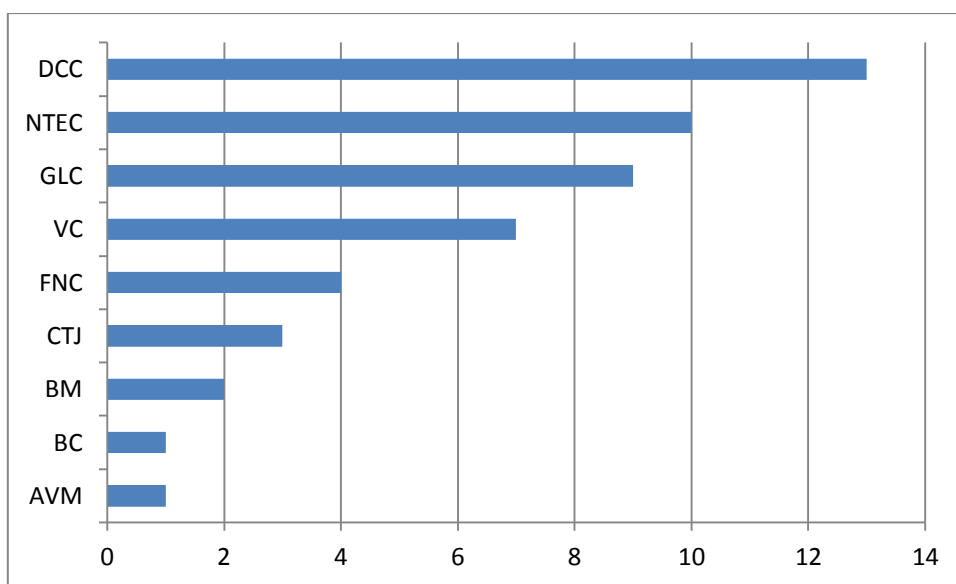


Figura 5.3. Número de geositios del inventario donde se ve representado cada contexto geológico.

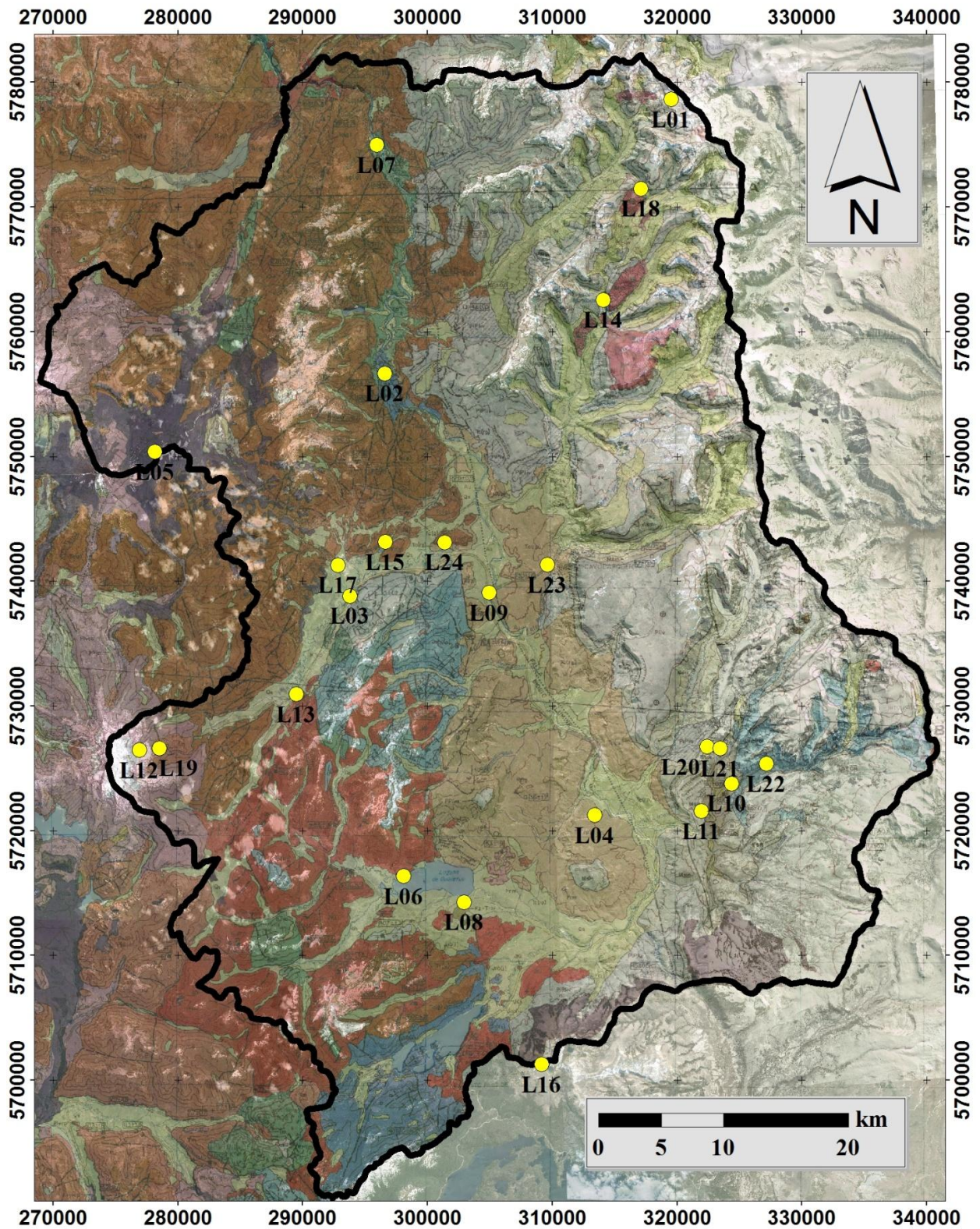


Figura 5.4. Distribución de los geositos incorporados al inventario. Los códigos asociados a cada punto se detallan en la tabla 5.8.

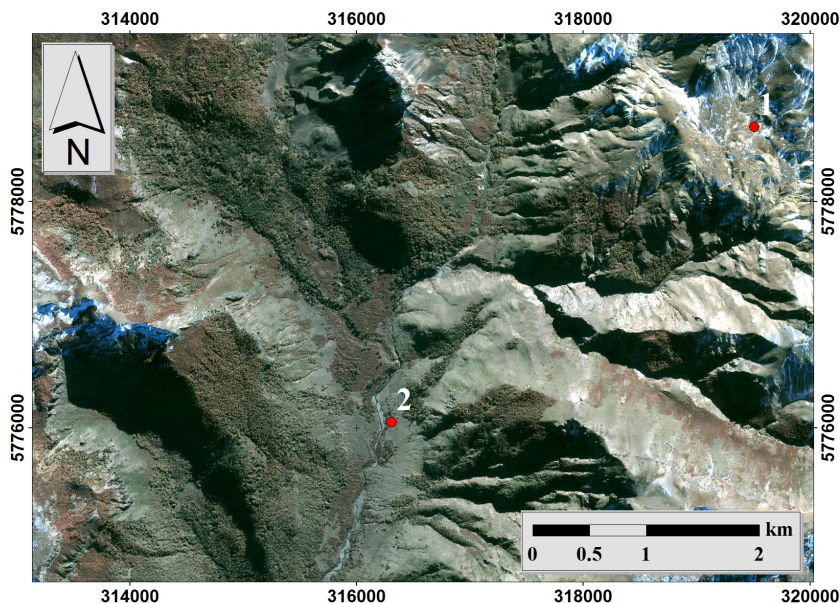
Código	Nombre
L01	AZUFRRERAS DE PELEHUE

Características de Uso	
Comuna:	Lonquimay
Localidad:	Pelehue
Coordenadas:	319505 5778660
Altitud:	2217 msnm.
Poblado(s) más próximo(s):	Distancia a punto más próximo de acceso en:
Troyo	Distancia: 35 km
Lonquimay	Distancia: 60 km
	Bus: 10000 m
	Auto: 5000 m
	4x4: 5000 m
Uso Actual:	Emprendimientos Locales de Cabalgatas. Hito N° 24 de la Ruta Patrimonial N°28 "Valles de la Araucanía", del Ministerio de Bienes Nacionales
Asociación con elementos de índole:	Natural: A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
	Cultural: A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
Observaciones:	

Características Intrínsecas	
Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):	VC / DCC / GLC
Tipo(s) de Interés Geológico:	Hidrogeológico, Volcánico, Geoquímico, Mineralógico
Publicaciones que lo incluyen:	Suárez y Emparan (1997)
Localidad Tipo:	Estado de Conservación:
SI <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/>
Secundaria <input type="checkbox"/>	Condiciones de Observación:
NO <input checked="" type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones:	

Características de Protección	
Situación Legal:	Predio Fiscal, propiedad del Ministerio de Bienes Nacionales y administrado por la comunidad local.
Recolección de Objetos:	Fragilidad Intrínseca:
Possible <input checked="" type="checkbox"/>	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Restringido <input type="checkbox"/>	Vulnerabilidad a los procesos naturales:
NO <input type="checkbox"/>	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
Observaciones:	

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

Se debe acceder en vehículo por la ruta de ripio R-789 hasta casi el fin del camino, en el punto 2, donde un sendero se abre hacia la izquierda. Se debe tomar ese sendero, que atraviesa entre coironales bordeando la ladera oriental del valle, y pasa junto a los Hitos N°21 y N°22 de la Ruta Patrimonial N°28 “Valles de la Araucanía”, del Ministerio de Bienes Nacionales. Desde este último hito, hay que subir por los cerros que se encuentran al NE durante unos 3 kms, pasando por el Hito N°23 de la ya mencionada ruta, y hasta llegar al sector de las azufreras y termas, donde finaliza la ruta patrimonial.

Descripción

Corresponde a un área de alteración hidrotermal de ca. 10 km² de superficie, la de mayor tamaño en toda el área del Geoparque. Se presenta asociada a un pequeño campo geotérmico de ‘geysers’ (Suárez y Emparan, 1997). La alteración queda de manifiesto a primera vista, debido a la presencia de azufre nativo, el tono amarillento del terreno, y el intenso olor presente en el aire (figuras L01-1 y L01-2). La circulación de fluidos hidrotermales a través de las fracturas de la roca también es evidente, debido a la presencia de numerosas fumarolas y vertientes termales (fig. L01-3).

El azufre suele formarse como producto de la sublimación de las emisiones gaseosas producidas por los fluidos hidrotermales. La presencia de una superficie favorece la cristalización, por lo que el mineral tiende a acumularse sobre las superficies rocosas que el gas encuentra a su paso, como por ejemplo, en las paredes de las grietas (fig. L01-4). Uno de los gases que componen los fluidos hidrotermales es el sulfuro de hidrógeno (H₂S), un gas incoloro que emana de las fumarolas y es el responsable del característico “olor a azufre” que puede sentirse en el sector.

Hacia el suroeste, el sitio ofrece vistas al valle de Ránquil (fig. L01-5), el cual presenta el perfil en ‘U’ característico de los valles glaciales que se ubican en esta área, aunque el fondo del valle ha sido parcialmente rellenado por depósitos fluviales recientes. Hacia las cabeceras de este valle y sus quebradas tributarias, existen numerosos rasgos geomorfológicos de origen glacial, tales como circos, horns y aristas. Varios de estos rasgos son visibles a lo largo del camino que lleva hasta el geosítio.

El geosítio ofrece privilegiadas vistas a los volcanes Llaima, Lonquimay y Tolguaca (fig. L01-5), del frente volcánico actual. También es posible observar los remanentes de estructuras volcánicas más antiguas, como el cerro Rahue. Éste es visible desde algunos lugares al interior del geosítio (en dirección S–SSE), y correspondería a un cuello volcánico erodado, con una amplia zona de alteración hidrotermal (Suárez y Emparan, 1997).

Las termas de Pelehue forman parte de la Ruta Patrimonial “Valles de la Araucanía”, promovida por el Ministerio de Bienes Nacionales. Adicionalmente, ha sido usada durante años por las comunidades de la zona para el ciclo de las veranadas (que alberga una importante actividad cultural-productiva asociada a la ganadería y la recolección).

Ilustraciones

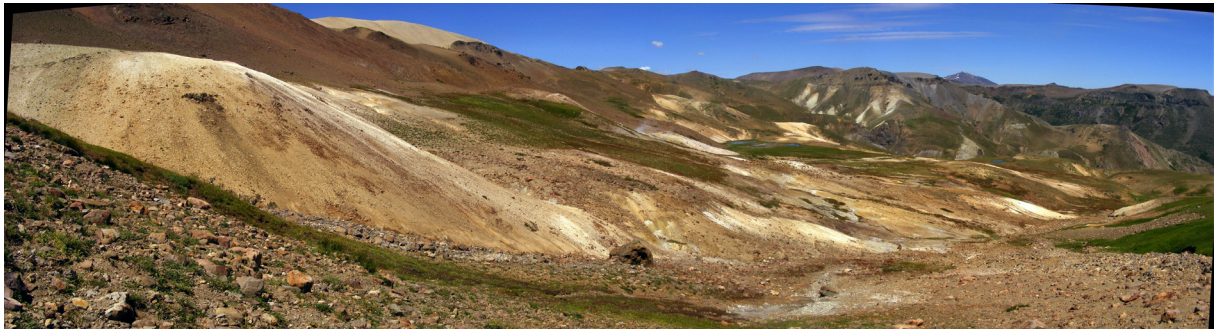


Figura L01-1. Azufreras de Pelehue



Figura L01-2. En el geosítio hay gran cantidad de azufre nativo



Figura L01-3. Fumarolas y vertientes termales son comunes en el geosítio



Figura L01-4. Las superficies favorecen la cristalización del azufre. Tamaño de la libreta: 11 x 15 cm.



Figura L01-5. Vista al valle de Ránquil y los volcanes Llaima, Lonquimay y Tolhuaca

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Ministerio de Bienes Nacionales (2006)

Código	Nombre
L03	COLUVIOS CUBIERTOS DE TEFRA EN LONQUIMAY

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s): Distancia: km

Distancia a punto más próximo de acceso en: Bus: m

Distancia: km Auto: m

4x4: m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole: Natural: A B C

Cultural: A B C

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI

Estado de Conservación: A B C D E

Secundaria

Condiciones de Observación: A B C D E

NO

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

Recolección de Objetos: Posible

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

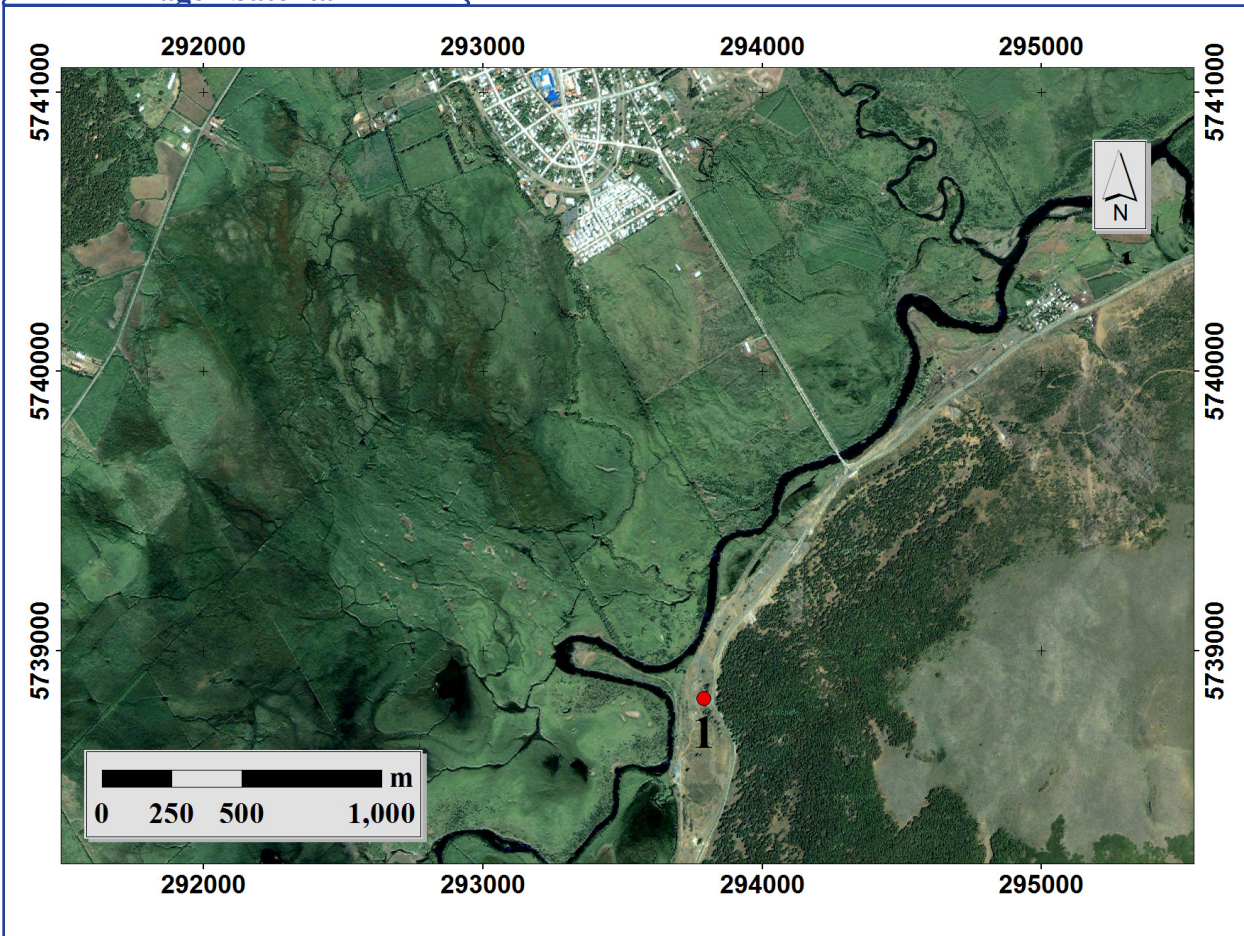
Restringido

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

NO

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

El geosítio se encuentra en el talud de la ruta internacional 181, a 1 km del cruce para entrar a Lonquimay.

Descripción

En el talud junto a la ruta se expone un corte donde se observa un paleorelieve, de forma lobular, que es rellenado por depósitos de tefra reciente (fig. L03-1).

El paleorelieve está formado por una brecha de bloques, con tamaños de hasta 40-50 cm y que constituyen aproximadamente el 50% del volumen total del depósito. Posee una matriz arenosa, con dominancia de arenas gruesas. El depósito es esencialmente clasto-soportado, y no presenta estratificación, gradación ni estructuras de ningún tipo. Se habría formado a partir de coluvios acumulados en el pie de la ladera.

La litología dominante de los clastos es de andesitas porfíricas, con fenocristales de plagioclasa de hasta 3 mm en una masa fundamental rojiza-grisácea. En forma subordinada, también hay clastos de tobas con fragmentos líticos escoriáceos y andesíticos (10%), cristales de plagioclasa alterados a arcillas (8%), y vidrio (2%), formando fiammes de 0.5 mm de espesor. La masa fundamental es color rojizo. Estas rocas podrían haber formado parte de los productos volcánicos subaéreos asignados al miembro Lonquimay de la Formación Nacientes del Biobío (Suárez y Emparan, 1997). No obstante, no se descarta la posibilidad de que puedan estar asociadas a las volcanitas asignadas al Complejo Vizcacha-Cumilao o de la Formación Cura-Mallín, que también afloran en las cercanías del lugar.

La cobertura cuaternaria consiste principalmente en una intercalación de niveles de tefra de composición escoriácea, de entre 5 y 20 cm de potencia, sólo interrumpidos por un nivel de pómez de unos 8 cm de espesor. Es posible que esta sucesión comparta algunas características con la que se encuentra en el geosítio Morrena Portales (geosítio L17), dada su cercanía y rasgos composicionales.

Ilustraciones



Figura L03-1: Geositio 'Coluvios cubiertos con tefra en Lonquimay'

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Código	Nombre
L05	CORDÓN FISURAL ORIENTAL

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Malalcahuello"/>	Distancia: <input type="text" value="19"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="0"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="28"/> km		Auto: <input type="text" value="0"/> m
			4x4: <input type="text" value="0"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>
Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI Secundaria NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

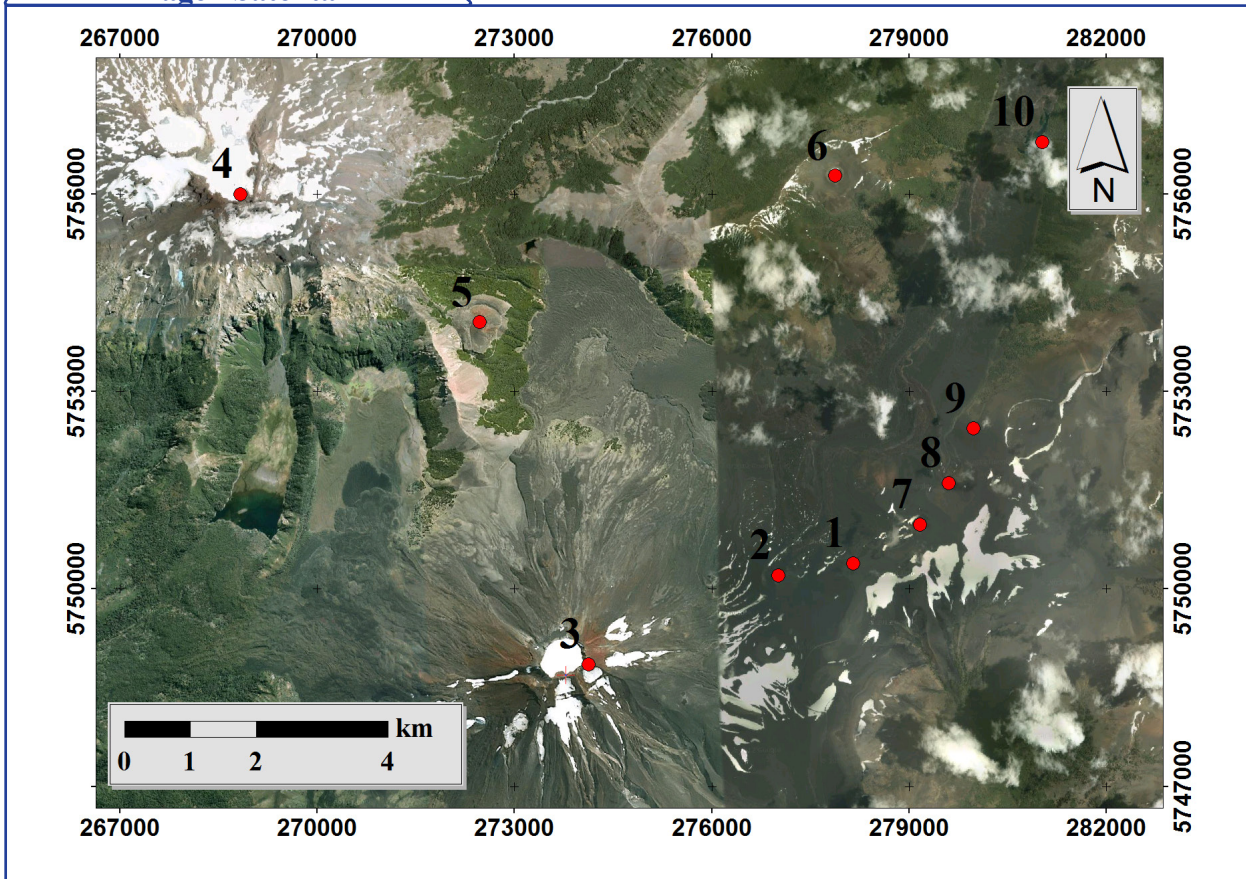
Recolección de Objetos: Posible Restringido NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

Se debe tomar la ruta R-89, que sale desde la ruta 181 en dirección a la cordillera Las Raíces, aproximadamente en el punto 278727 / 5738054. En torno al punto 280303 / 5741564 se debe doblar a la izquierda, para seguir por la ruta R-785, que se interna hacia el sector de la reserva nacional para luego subir el cordón fisural oriental, lugar donde se encuentra este geositio.

Descripción

El Cordón Fisural Oriental (CFO) corresponde a una cadena de conos adventicios asociada al Complejo Volcánico Lonquimay, que se distribuye a lo largo de una fisura de dirección NE-SW. Tiene 8 km de longitud y consta de una docena de cráteres. Se ha formado principalmente durante el periodo post-glacial, y aún se encuentra en proceso de edificación (Suárez y Emparan, 1997).

El punto 1 se encuentra ubicado sobre el CFO, y proporciona una privilegiada vista al cono Navidad (punto 2) y a la colada de lava que desciende desde su cráter (fig. L05-1). Detrás del cono se observan los volcanes Lonquimay y Tolguaca, así como el cono del volcán Laguna Verde (puntos 3, 4 y 5, respectivamente) y más lejos, hacia el Sur, el volcán Llaima.

Al seguir avanzando por el camino hacia el Norte se observa también otro cráter, La Holandesa (fig. L05-2), el que se encuentra al otro lado del valle (punto 6). A lo largo del trayecto es posible apreciar que todas estas estructuras, junto con el valle de Lolco, se distribuyen de manera lineal sobre una franja de dirección aproximada NNE-SSW: este lineamiento no es casual sino que responde a la influencia de un sistema estructural de amplia distribución, del cual forma parte la zona de falla de Liquiñe-Ofqui, que controla la morfología de la región (ver sección 4.1.3). Adicionalmente, hacia el Norte también se observan los volcanes Callaqui y Copahue (fig. L05-3).

El camino continúa recorriendo el CFO, y a lo largo de su trayecto pasa junto a dos de los cráteres que lo conforman (figuras L05-4 y L05-5; puntos 7 y 8, respectivamente). Desde el cráter del punto 8 es liberada una colada de lava

que baja en dirección al valle.

De esta manera, se puede ver que no todas las lavas que se distribuyen sobre el valle corresponden a la del cono Navidad sino que, de hecho, constituyen diversas coladas procedentes de distintos conos y cráteres. Desde varias perspectivas se pueden divisar las relaciones de contacto entre estas distintas coladas, constituyendo el punto 9 un excelente mirador para tales fines. En este lugar se observa cómo la colada de lava del cono Navidad se dispone sobre otra más antigua (fig. L05-6), que corresponde a la ya mencionada colada de lava asociada al cráter del punto 8.

La interacción entre las distintas coladas y el relieve producen, en distintos puntos del valle, el represamiento de los cursos de agua y la formación de pequeñas lagunas, que aportan a la gran calidad paisajística del lugar. Un ejemplo lo constituye la que se observa desde el punto 10 (fig. L05-7).

Al seguir avanzando por el camino se pueden observar algunas otras de las mencionadas lagunas, hasta llegar, luego de 2 km, al frente de la colada de lava del cono Navidad, punto que marca el límite norte de este geositio.

Ilustraciones

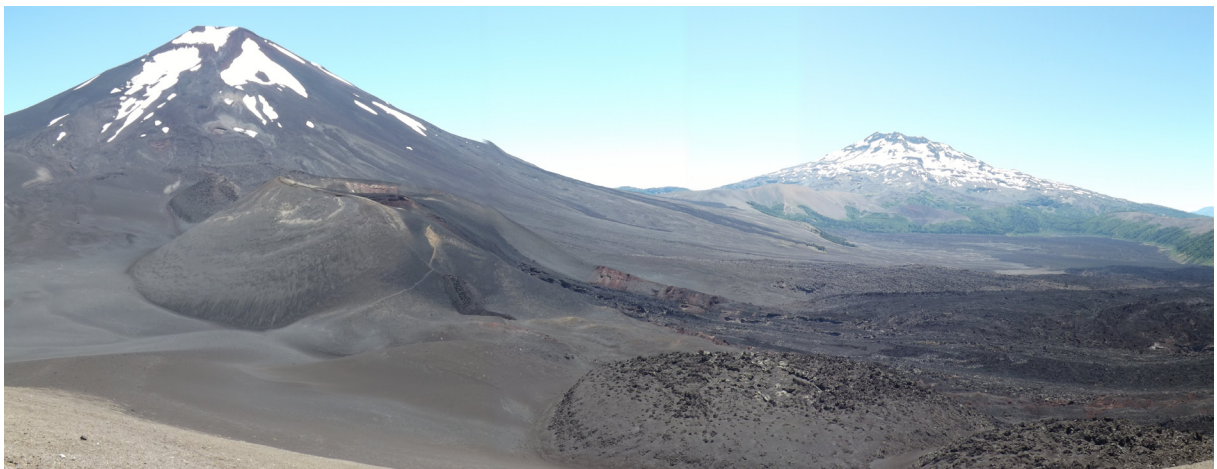


Figura L05-1. Vista al cono Navidad y su colada de lava, y a los volcanes Lonquimay y Tolhuaca.



Figura L05-2. Vista al valle. Nótese el cráter La Holandesa (derecha).



Figura L05-3. Vista a los volcanes Callaqui y Copahue.



Figura L05-4. Uno de los cráteres del CFO junto al camino (p.7).

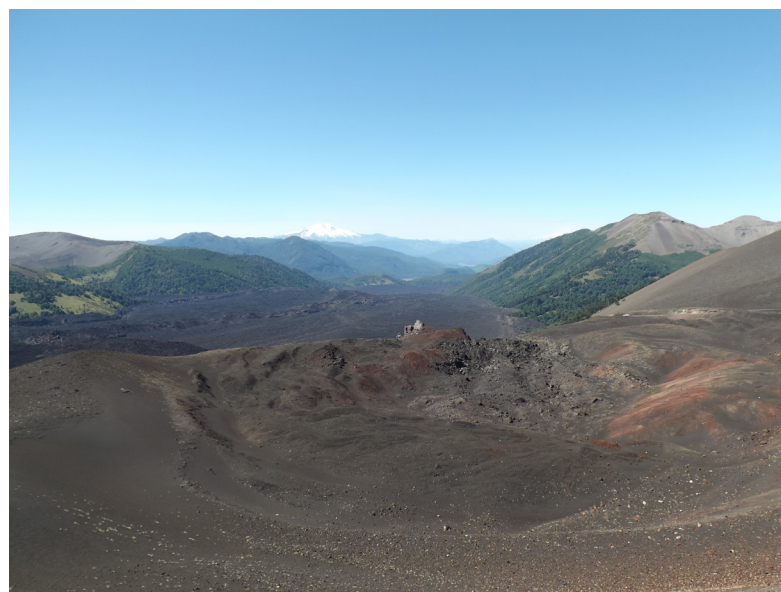


Figura L05-5. Segundo cráter del CFO junto al camino (p.8). Nótese la colada de lava que desciende desde él.



Figura L05-6. Colada del cono Navidad sobre una colada más antigua, la misma del cono del punto 8.



Figura L05-7. Laguna represada por colada de lava (p.10).

Referencias

Suárez y Emparan (1997);
Moreno y Gardeweg (1989);
Gardeweg *et al.* (1990);
Naranjo *et al.* (1991)

Código	Nombre
L06	DESEMBOCADURA DEL RÌO ÑIRRECO

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):
 Distancia: km
 Distancia: km

Distancia a punto más próximo de acceso en: Bus: m
Auto: m
4x4: m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole: Natural: A B C
Cultural: A B C

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI
Secundaria
NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

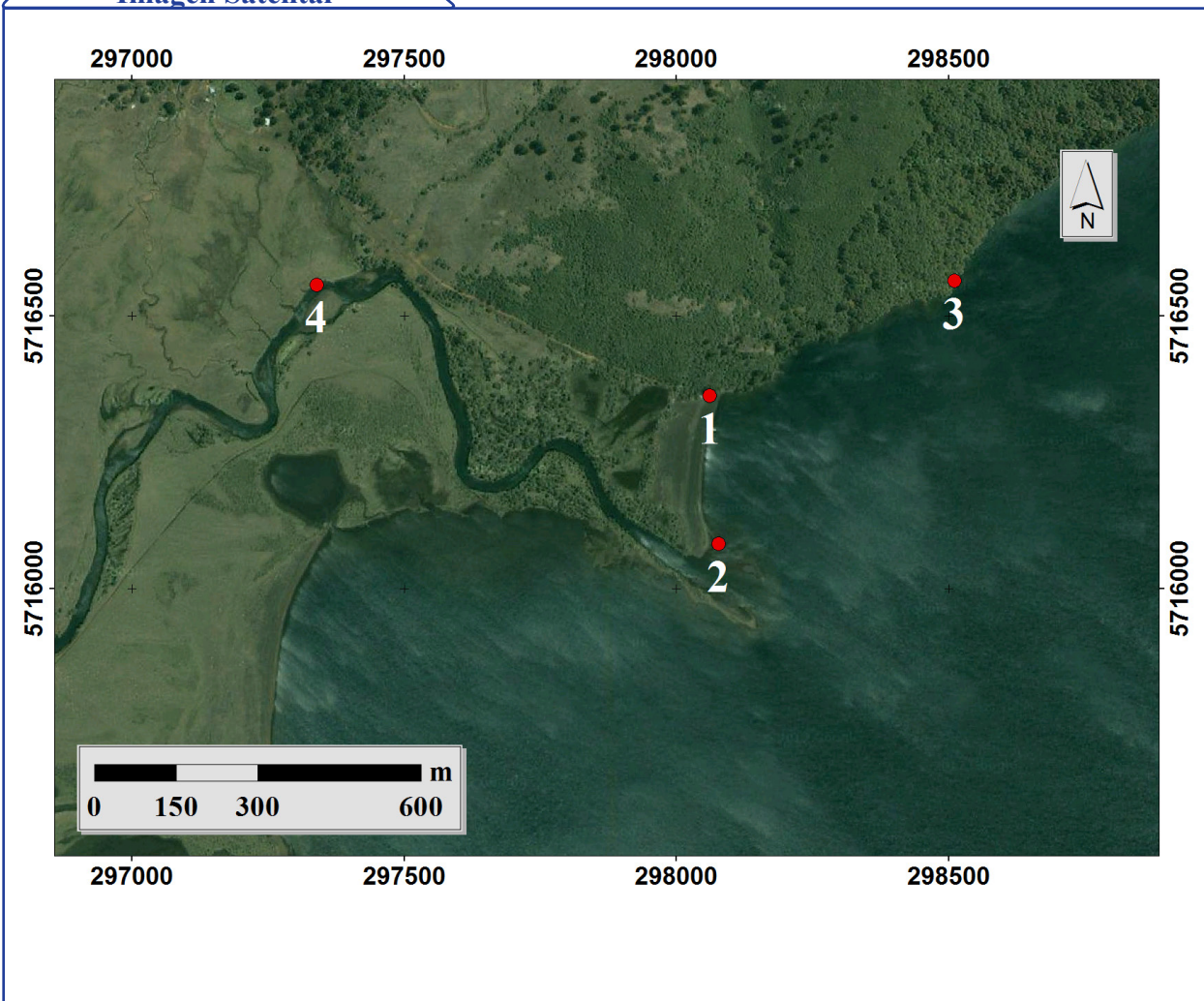
Recolección de Objetos: Posible
Restringido
NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

Se debe llegar al valle de Quinquén por la ruta R-955, y luego internarse hacia el valle por la ruta R-809. Recién comenzada la ruta se cruza un puente, e inmediatamente se debe doblar a la derecha, para tomar un camino que conduce al lago Galletué. A orillas del lago se ubica el geosítio.

Descripción

En este geosítio se encuentra el camping Follil Pewenche, administrado por la comunidad de Quinquén. Apoyados por WWF Chile, dicha comunidad -que ha sido reconocida por su liderazgo en el proceso de conservación de la Araucaria en el país- se encuentra actualmente desarrollando el proyecto Parque Pehuenche Quinquén, con el objetivo de establecer áreas de conservación de la biodiversidad gestionadas por la misma comunidad (Torres Neguiman, 2011).

El camping está emplazado en la zona de la desembocadura del río Ñirreco en el lago Galletué. En este sector existe una playa formada por arenas y gravilla fina escoriácea que sido transportada por el río (fig. L06-1). Desde el extremo norte de la playa sale un sendero que bordea la ribera del lago a través de un denso bosque nativo, y pasa junto a otras playas (como la del punto 3) formadas por sedimentos mal seleccionados (fig. L06-1), con clastos de distintos tamaños, incluyendo bolones y bloques de hasta 1 m, que corresponden principalmente a rocas intrusivas de composición granítica, en algunas de las cuales se observan inclusiones máficas (fig. L06-2). La matriz del depósito es de arenas y gravilla fina, formada principalmente por escoria, granitoides y cristales de cuarzo, feldespatos y biotita. Las diferencias entre los depósitos de ambas playas son el reflejo de la acción de distintos procesos de

transporte, así como también de distintas fuentes del sedimento.

En el extremo sur de la playa principal (punto 2), el río desemboca en el lago formando un pequeño delta. Se observan levees que habrían sido formados por el río Ñirreco y que hoy se encuentran al interior del lago (fig. L06-3), posiblemente debido a que un aumento en el nivel de sus aguas habría producido la invasión de éste sobre la llanura de inundación del río.

La naturaleza meándrica del río Ñirreco, así como los efectos de erosión y depositación que suelen ocurrir en los codos externos e internos de los meandros, pueden ser bien observados en el sector del punto 4 (fig. L06-4).

Un cuerpo de roca intrusiva aflora también hacia el extremo norte de la playa principal (punto 1; fig. L06-5). Correspondería a una tonalita/granodiorita de biotita de grano medio a fino y, al igual que parte del material de las playas de bloques y bolones, estaría asociado al Grupo Plutónico de Galletué, de edad jurásica superior – cretácica (Suárez y Emparan, 1997).

Ilustraciones



Figura L06-1. Depósitos de la playa principal (izquierda) y de las playas del norte (derecha).



Figura L06-2. Bloque de granitoide con inclusión máfica.



Figura L06-3. Levees del extremo sur de la playa principal.



Figura L06-4. El río Ñirreco: nótese su naturaleza meándrica y la barras en los codos internos de los meandros.



Figura L06-6. Afloramiento intrusivo en el extremo norte de la playa principal.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)
Comunicación oral con Jacobus Le Roux, Geólogo

Código	Nombre
L07	DISCORDANCIAS DE CONTRACO

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Troyo"/>	Distancia: <input type="text" value="13"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="0"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="38"/> km		Auto: <input type="text" value="0"/> m
			4x4: <input type="text" value="0"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input checked="" type="checkbox"/>
Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI Secundaria NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

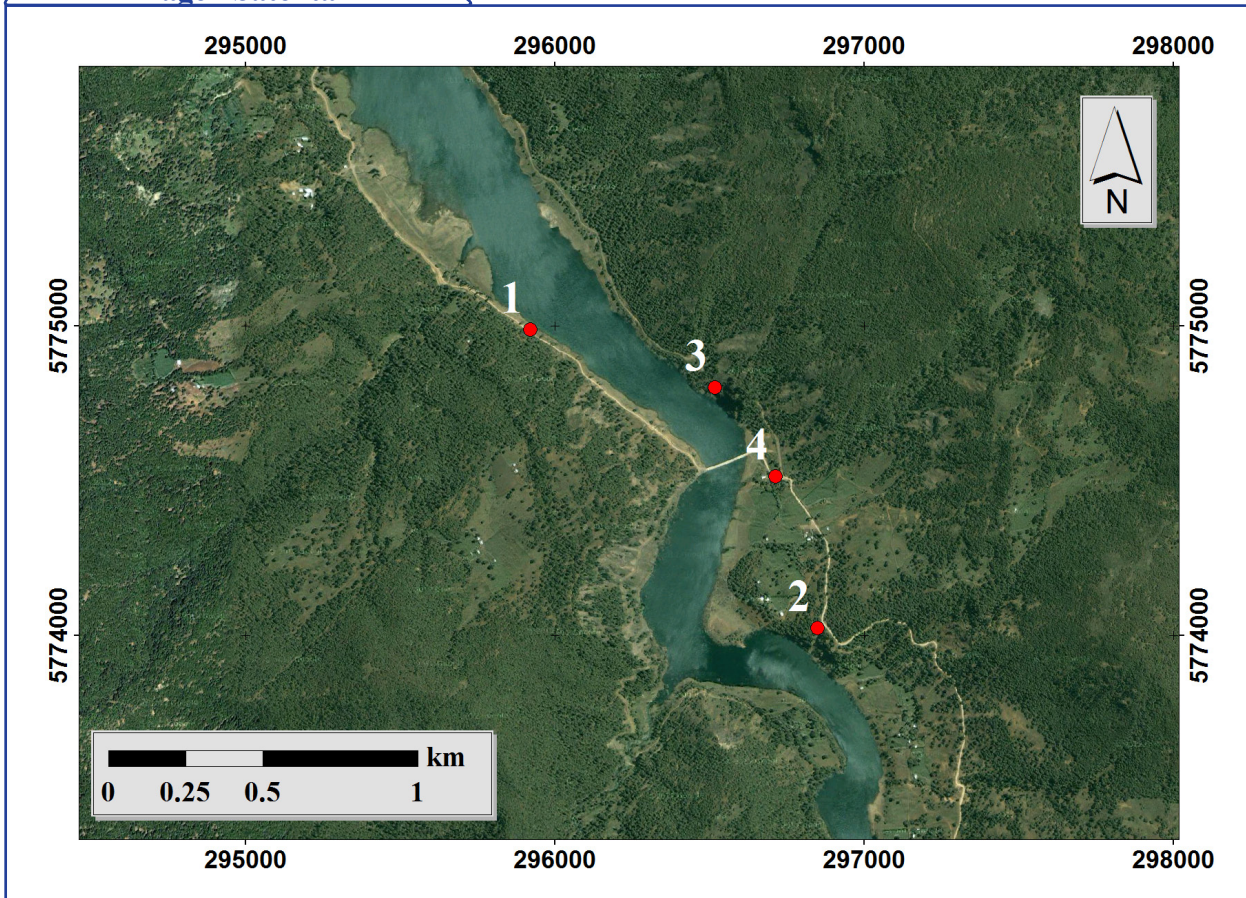
Recolección de Objetos: Posible Restringido NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

El geosítio se encuentra junto a la ruta R-785 y R-791, en el sector del puente Contraco.

Descripción

Este es un geosítio con una gran geodiversidad, debido a que en él se ponen en contacto tres importantes unidades, asociadas a distintos contextos geológicos: sucesiones sedimentarias marinas de la Formación Nacientes del Biobío, volcanitas del complejo Vizcacha-Cumilao, y una cobertura sedimentaria cuaternaria. Adicionalmente, presenta elementos con diversos tipos de interés geológico.

En el sector entre el punto 1 (ver imagen geosítio) y el puente de Contraco, un corte en el talud de la ruta deja al descubierto el contacto entre las tres unidades anteriormente mencionadas. Dicho corte tiene alrededor de 6 m de altura y decenas de metros de longitud.

En este lugar, una sucesión sedimentaria con estratificación relativamente fina (capas que no superan los 10-20 cm de espesor) presenta una fuerte deformación, evidenciando fallas y pliegues (figs. L07-1 y L07-5). Los estratos se encuentran basculados, con manteos que van desde unos 30-40° N hasta subverticales, y la forma en cómo alternan los niveles reflejan sucesivos ciclos con gradación normal y, en menor medida, inversa (fig. L07-2). La fracción gruesa está constituida por areniscas conglomerádicas de regular selección y con clastos de tamaño gravilla fina; mientras que las fracciones más finas están constituidas por limolitas y lutitas. Se interpretan como sedimentos marinos jurásicos de la Formación Nacientes del Biobío, dado el fuerte tectonismo al que fueron sometidos y la similitud con otras facies de dicha unidad en el área de estudio.

Hacia el sector del puente Contraco, estos depósitos entran en contacto con una unidad de andesitas macizas (fig. L07-3), con cristales de piroxeno de grano fino y masa fundamental afanítica de color verde-grisáceo. Presenta vetas y vetillas de Qz y ceolitas, algunas de las cuales pueden alcanzar dimensiones importantes. Un ejemplo lo

constituyen las que existen en torno al punto 3, observables desde la ribera izquierda del río. Estas rocas volcánicas se corresponden con las que han sido descritas para el Complejo Vizcacha-Cumilao por Suárez y Emparan (1997). La naturaleza del contacto entre ambas unidades no está clara, sin embargo, el mayor fracturamiento de las andesitas y la menor integridad de los sedimentos en torno a este punto podrían estar indicando un contacto por falla (fig. L07-4).

En cuanto a los depósitos cuaternarios, un nivel de conglomerados fluviales del río Biobío, con actitud subhorizontal, yace en discordancia angular sobre las sedimentitas jurásicas (punto 1; fig. L07-5). Este nivel se mantiene en la parte superior del corte, durante la mayor parte de su extensión.

Por otro lado, en el sector del punto 2, aflora una sucesión de areniscas y conglomerados fluviales (fig. L07-6). Uno de sus rasgos más destacables es la notable imbricación que poseen los clastos en uno de los niveles conglomerádicos (fig. L07-7), que sugiere una dirección de las paleocorrientes hacia el Norte, coincidente con la dirección actual del río Biobío.

Desde este sector se puede observar, a una distancia de 300-400 m en dirección al norte, un abanico aluvial formado por los sedimentos que son acarreados desde una quebrada aledaña (fig. L07-8). Sus depósitos pueden ser observados desde cerca en el punto 4. Corresponden a brechas (clastos angulosos de hasta ca. 1 m), con intercalaciones lenticulares de areniscas brechosas (figuras L07-9 y L07-10). El distinto grado de madurez textural que exhiben los depósitos de los puntos 2 y 4, resultan de gran utilidad didáctica para ilustrar las principales diferencias en las condiciones de transporte de los ambientes fluviales y aluviales.

Finalmente, la presencia de una barra longitudinal en el río Biobío, justo al norte del puente Contraco, constituye un rasgo pequeño pero interesante en este geositio. La barra se habría formado debido a la influencia de un cuerpo rocoso que sobresale, disminuyendo la energía de la corriente y favoreciendo la deposición del sedimento más fino (fig. L07-11).

Ilustraciones

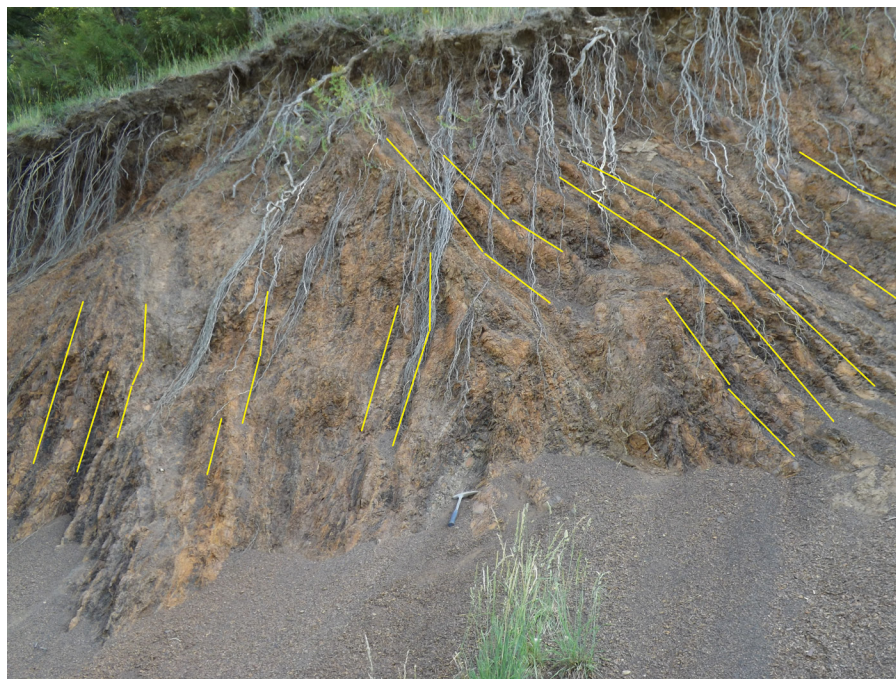


Figura L07-1. Sedimentos marinos jurásicos con fuerte deformación.



Figura L07-2. Gradación inversa: de lutitas (izq.-base) a areniscas conglomerádicas (der.-techo).



Figura L07-3. Contacto entre las sucesiones sedimentarias (derecha) y la unidad volcánica (izquierda).



Figura L07-4. Acercamiento al contacto de la figura L07-3.



Figura L07-5. Conglomerados cuaternarios sobreyacen con discordancia angular a los sedimentos marinos.



Figura L07-6. Conglomerados fluviales del Biobío.



Figura L07-7. Acercamiento a la figura L08-6, nivel con clastos imbricados. Imagen tomada hacia el E.



Fig.L07-8. Imagen tomada hacia el norte. Nótese el abanico que descende desde la quebrada al NE.



Figura L07-9. Depósitos de abanico aluvial.



Figura L07-10. Depósitos de abanico aluvial.



Figura L07-11. Barra en el río Biobío, sector puente Contraco.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

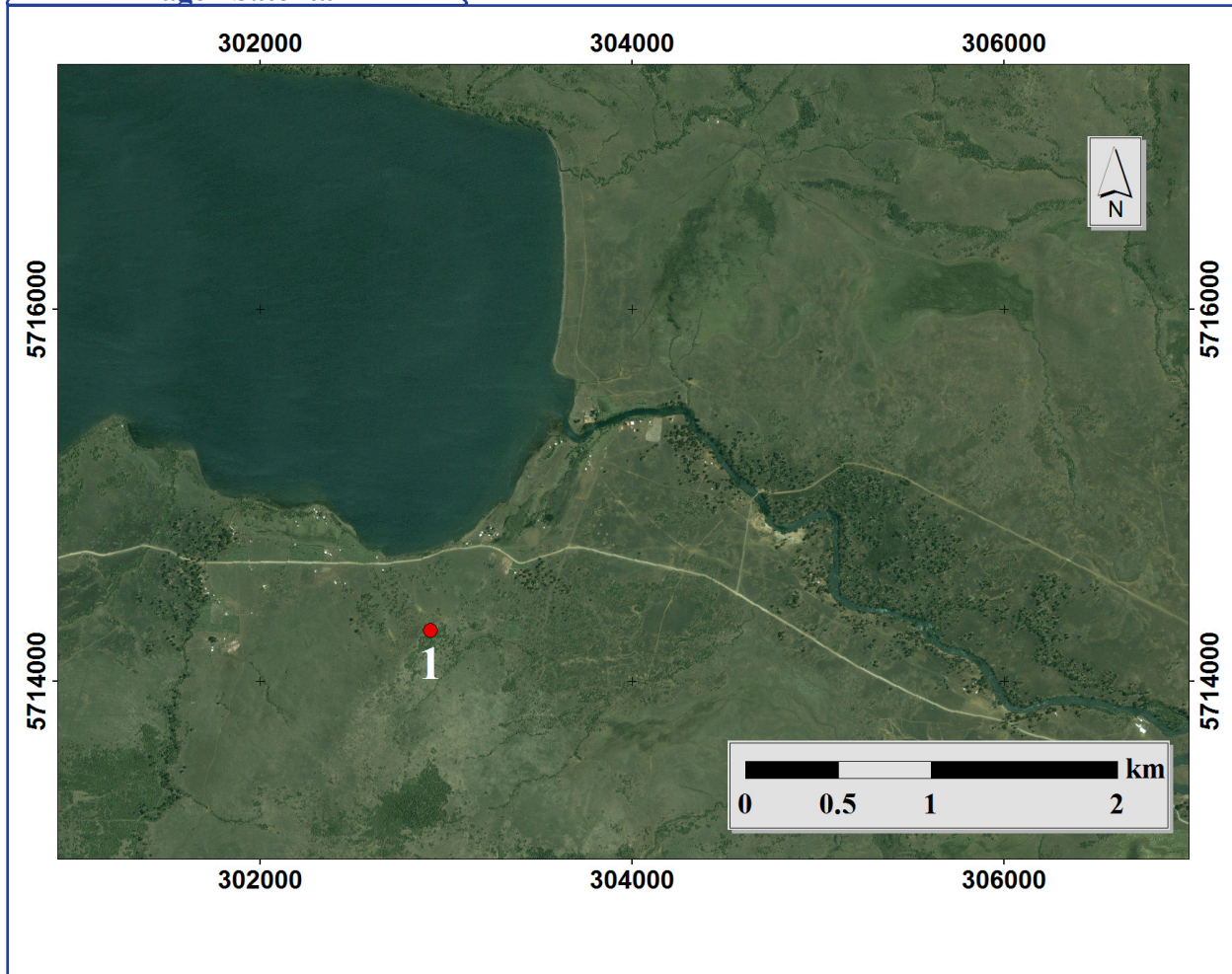
Código	Nombre
L08	ESTRATOS DE HUENUCAL IVANTE

Comuna:	<input type="text" value="Lonquimay"/>	Localidad:	<input type="text" value="Huenucal Ivante"/>
	<input type="text" value="302915"/> <input type="text" value="5714273"/>	Altitud:	<input type="text" value="1231"/> msnm.
Poblado(s) más próximo(s):		Distancia a punto más próximo de acceso en:	
<input type="text" value="Liucura"/>	Distancia: <input type="text" value="26"/> km	Bus:	<input type="text" value="0"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="42"/> km	Auto:	<input type="text" value="0"/> m
		4x4:	<input type="text" value="0"/> m
Uso Actual:	<input type="text" value="Sin uso"/>		
Asociación con elementos de índole:	Natural:	A <input checked="" type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
	Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
Observaciones:	<input type="text"/>		

Características Intrínsecas	
Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):	<input text"="" type="text" value="Estratigráfico / Petrológico"/>
Publicaciones que lo incluyen:	<input type="text" value="Suárez y Emparan (1997)"/>
Localidad Tipo:	Estado de Conservación:
SI <input checked="" type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Secundaria <input type="checkbox"/>	Condiciones de Observación:
NO <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Observaciones:	<input type="text"/>

Características de Protección	
Situación Legal:	<input type="text" value="Sin protección"/>
Recolección de Objetos:	Fragilidad Intrínseca:
Possible <input checked="" type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Restringido <input type="checkbox"/>	Vulnerabilidad a los procesos naturales:
NO <input type="checkbox"/>	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
Observaciones:	<input type="text"/>

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

El geosítio se encuentra en los lomajes adyacentes a la ribera SE del lago Galletué. La ruta R-955, que bordea el lago por el sur, permite acercarse a 500 m del sitio.

Descripción

Los estratos de Huenucal Ivante corresponden a una sucesión de metasedimentitas que fue asignada a la unidad homónima, definida por Suárez y Emparan (1997). Son intruidas por las rocas graníticas del Grupo Plutónico Galletué (Fig. L08-1).

Presentan una intensa foliación, hecho que las distingue de las demás unidades reconocidas en la zona. Dicha foliación podría ser el producto de un tectonismo local, sobreimpuesto a las sedimentitas de la Formación Nacientes del Biobío; sin embargo, no se descarta que pueda tratarse de una unidad más antigua (Suárez y Emparan, 1997), en cuyo caso constituirían las rocas más antiguas del área de estudio, como también del Geoparque Kütralkura.

El afloramiento está constituido por pizarras a filitas moteadas (fig. L08-2). El estado de conservación no es el ideal, ya que presentan una muy baja integridad y es difícil encontrar muestras en las cuales se reflejen adecuadamente sus características, más allá de la foliación que es evidente. La observación en lámina delgada de una muestra obtenida por Suárez y Emparan (1997), revela la presencia de granos de cuarzo detrítico, así como moscovita y biotita secundarias, alineadas en la dirección de la foliación, y porfidoblastos de cordierita (fig. L08-3).

El geosítio ofrece privilegiadas vistas al volcán Llaima y al cerro Batea Mahuida, que junto con el lago Galletué (fig. L08-4), constituyen los rasgos más dominantes del paisaje. Desde la ribera oriental del lago nace el río Biobío, uno de los ríos de mayor importancia histórica y económica en el país.

Además, el área tiene asociado un gran interés histórico y cultural debido a las comunidades pehuenches presentes en la zona, una de las cuales da el nombre al geositio y a la localidad donde éste se inserta.

Ilustraciones



Figura L08-1. Estratos de Huenucal Ivante. Sobre el fondo se observa el nacimiento del río Biobío.

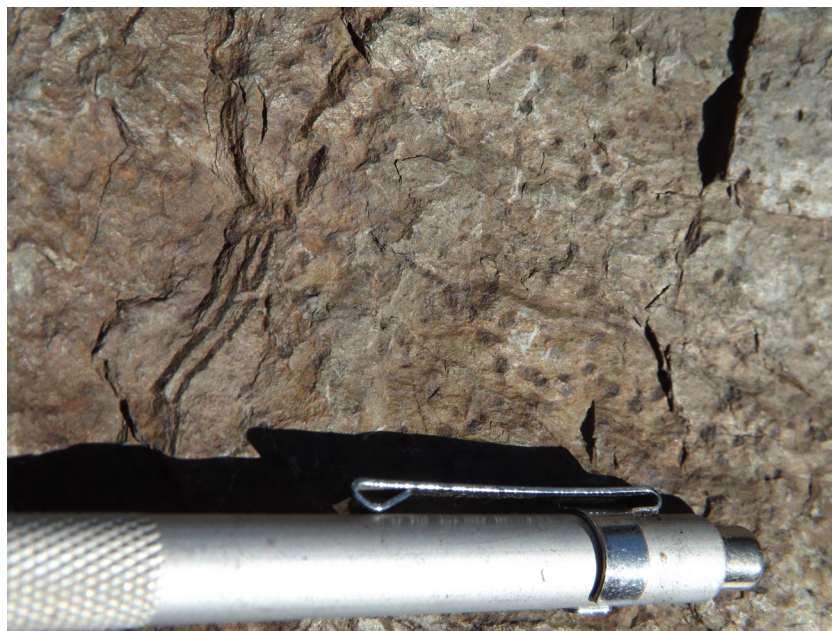


Figura L08-2. Pizarra/Filita moteada de los Estratos de Huenucal Ivante.

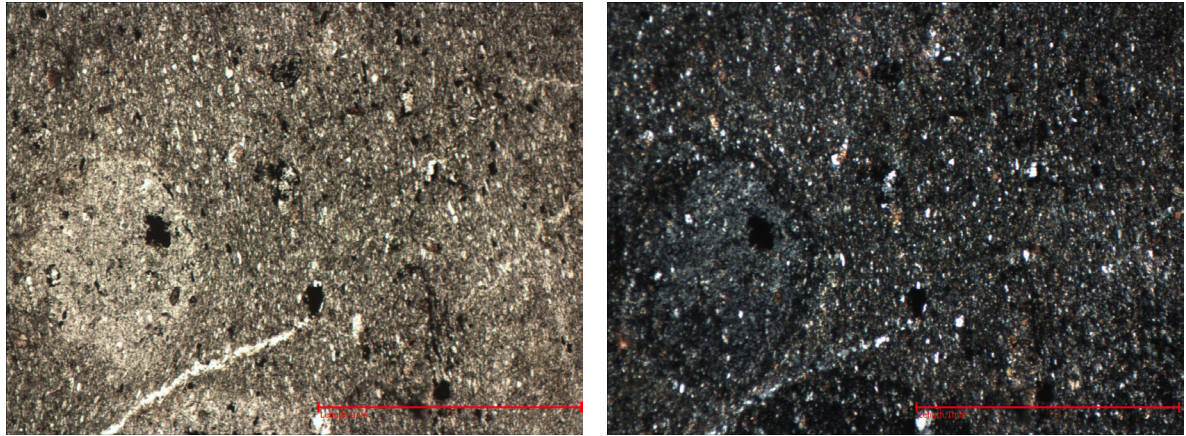


Figura 08-3. Fotomicrografías de la filita recolectada por Suarez y Emparan (1997). Se observan porfidoblastos de cordierita (hábito fantasmal) entre cristales más pequeños de biotita, moscovita y cuarzo. Izquierda: nícoles paralelos, Derecha: nícoles cruzados. Línea de escala: 1 mm.



Figura 08-4. Vista al lago Galletué desde los estratos de Huenucal Ivante.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Código	Nombre
L10	FALLA PINO SOLO

Características de Uso	
Comuna:	Lonquimay
Localidad:	Alto Biobío
Coordenadas:	324372 5723777
Altitud:	1173 msnm.
Poblado(s) más próximo(s):	Distancia a punto más próximo de acceso en:
Liucura	Distancia: 9 km
Lonquimay	Distancia: 52 km
	Bus: 0 m
	Auto: 0 m
	4x4: 0 m
Uso Actual:	El geosítio se encuentra al interior de la R.N. Alto Biobío, la cual es promovida como un lugar de interés natural y paisajístico
Asociación con elementos de índole:	Natural: A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
	Cultural: A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
Observaciones:	

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):	NTEC / DCC / CTJ
Tipo(s) de Interés Geológico:	Estructural / Estratigráfico
Publicaciones que lo incluyen:	Suárez y Emparan (1997); García Morabito y Folguera (2005)
Localidad Tipo:	Estado de Conservación:
SI <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Secundaria <input type="checkbox"/>	Condiciones de Observación:
NO <input checked="" type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Observaciones:	

Características de Protección	
Situación Legal:	El sitio se encuentra al interior de la Reserva Nacional Alto Biobío, y por lo tanto cuenta con protección legal
Recolección de Objetos:	Fragilidad Intrínseca:
Possible <input checked="" type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Restringido <input type="checkbox"/>	Vulnerabilidad a los procesos naturales:
NO <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
Observaciones:	

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

El geosítio se encuentra junto al río Pino Solo, al interior de la Reserva Nacional Alto Biobío. El principal punto de observación se ubica sobre la ruta R-947, que corre junto a la ribera derecha del río

Corresponde a un corrimiento, con vergencia hacia el Oeste, que monta sucesiones sedimentarias jurásicas sobre rocas miocenas de la Formación Mitrauquén (punto 2; Fig. L10-1). Las sedimentitas jurásicas corresponderían a niveles de lutitas negras, asignados al miembro Lolén-Pacunto de la Formación Nacientes del Biobío, que han sido interpretadas como depósitos de fondo marino. Las rocas miocenas, en tanto, corresponden a ignimbritas y conglomerados que se habrían acumulado en un ambiente de abanico aluvial (Suárez y Emparan, 1997).

La falla estaría asociada al frente de levantamiento del Alto Copahue-Pino Hachado (García Morabito y Folguera, 2005), por lo que constituye una de las estructuras representativa del tectonismo que ha influenciado gran parte de la geomorfología de la precordillera oriental.

El levantamiento del mencionado bloque ha sido acotado entre los 4,5 Ma y los 8 Ma, sobre la base de relaciones estratigráficas y de corte, y en consideración de las edades obtenidas para las unidades por la vía de dataciones radiométricas. El origen de la estructura estaría asociado a la inversión del depocentro representado por las rocas de la Formación Cura-Mallín en el valle del Biobío (García Morabito y Folguera, 2005).



Figura L10-1. Falla Pino Solo (fotografía hacia el sur). Una falla inversa de vergencia oeste monta a las sedimentitas jurásicas marinas por sobre la sucesión continental miocena.

Referencias

- Suárez y Empanan (1997)
- García Morabito y Folguera (2005)

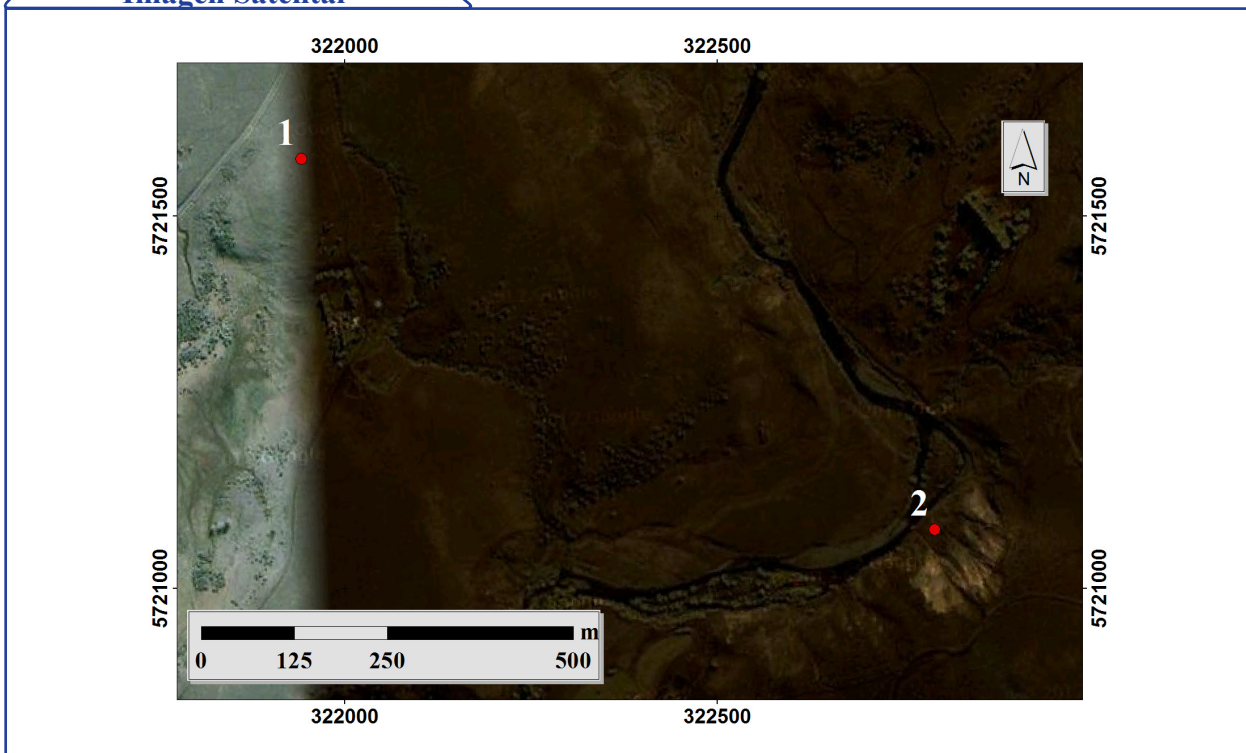
Código	Nombre
L11	FALLAS DE TRALILHUE

Características de Uso	
Comuna:	Lonquimay
Localidad:	Liucura
Coordenadas:	321941 5721577
Altitud:	1172 msnm.
Poblado(s) más próximo(s):	Distancia a punto más próximo de acceso en:
Liucura	Distancia: 4,5 km
Lonquimay	Distancia: 48 km
	Bus: 90 m
	Auto: 90 m
	4x4: 90 m
Uso Actual:	Sin uso
Asociación con elementos de índole:	Natural: A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
	Cultural: A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>
Observaciones:	

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):	NTEC / DCC / FNC
Tipo(s) de Interés Geológico:	Tectónico, Sedimentológico
Publicaciones que lo incluyen:	
Localidad Tipo:	Estado de Conservación:
SI <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/>
Secundaria <input type="checkbox"/>	Condiciones de Observación:
NO <input checked="" type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones:	

Características de Protección	
Situación Legal:	Sin protección legal
Recolección de Objetos:	Fragilidad Intrínseca:
Possible <input checked="" type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
Restringido <input type="checkbox"/>	Vulnerabilidad a los procesos naturales:
NO <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones:	Parte del sitio se encuentra en un talud potencialmente vulnerable a remociones

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

El geositio se encuentra a orillas del río Tralilhue, en el sector de su confluencia con el estero Agua Enterrada Chica. Su punto de observación principal se encuentra junto a la ruta R-947, que se interna en el sector de la Reserva Nacional Alto Biobío.

Descripción

En este geositio se observa un escarpe (punto 2) que deja al descubierto una sucesión volcánica y sedimentaria, asignada a la Formación Mitrauquén por Suárez y Emparan (1997). Dicha sucesión está siendo afectada por un set fallas, que corresponderían a la tercera unidad estructural reconocida en el área de estudio, de edad post-miocena (ver cap.3. 'Síntesis geológica'), lo que se induce a partir de la relación de corte con las unidades a las que afecta. Se puede reconocer en el afloramiento una estructura triangular formada por el set de fallas (Fig. L11-1).

El geositio se encuentra ubicado en una zona con variadas rasgos estructurales, que evidencian la generación de una zona de debilidad a causa del tectonismo. Se trata de un área fuertemente influenciada por el sistema de falla Biobío - Aluminé, lo que sugiere que las fallas de Tralilhue podrían estar estrechamente relacionadas con éste.

El escarpe se encuentra justo al sur de la confluencia entre el río Tralilhue y el estero Agua Enterrada Chica. El río presenta depósitos de barras en este sector, tanto al norte como al oeste del escarpe.



Figura L11-1. Fallas de Tralilhue. Obsérvese la estructura triangular que se ha generado, y las excelentes condiciones de observación del rasgo.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Código	Nombre
L12	GLACIAR SIERRA NEVADA (sector 'Cabecera del Estero Punta Negra')

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Sierra Nevada"/>	Distancia: <input type="text" value="11"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="9000"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="29"/> km		Auto: <input type="text" value="9000"/> m
			4x4: <input type="text" value="9000"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input checked="" type="checkbox"/>
Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo:

SI <input type="checkbox"/>	Estado de Conservación:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>
Secundaria <input type="checkbox"/>		Condiciones de Observación:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>
NO <input checked="" type="checkbox"/>						

Observaciones:

Características de Protección

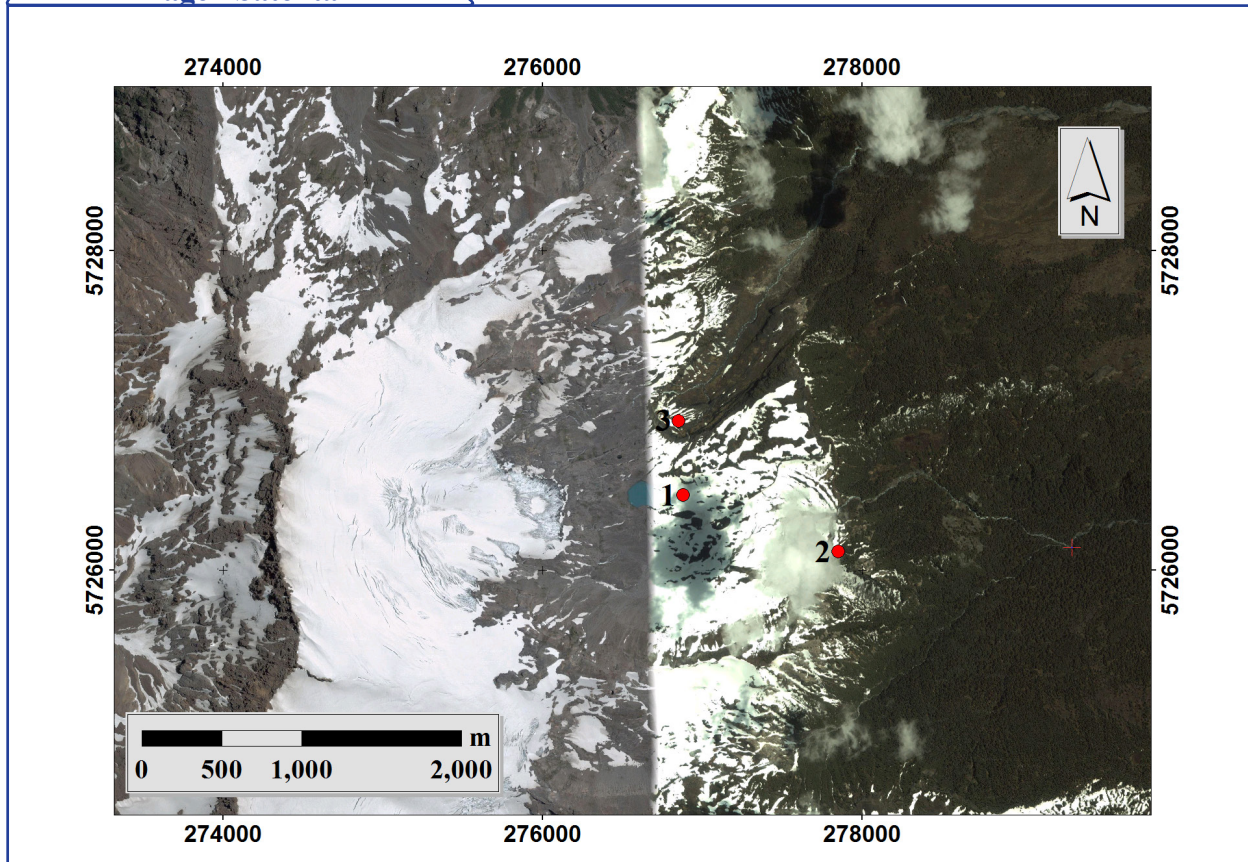
Situación Legal:

Recolección de Objetos:

Possible <input checked="" type="checkbox"/>	Fragilidad Intrínseca:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input checked="" type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>
Restringido <input type="checkbox"/>		Vulnerabilidad a los procesos naturales:	A <input checked="" type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	
NO <input type="checkbox"/>						

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

Se puede acceder en vehículo y bus hasta el puente del río Punta Negra (el primer puente al sur del túnel Las Raíces), en la ruta 181 entre Lonquimay y Malalcahuello. Desde allí se debe cruzar el río y caminar unas 6 horas por un sendero que conduce al glaciar.

Descripción

Este geosítio se encuentra junto al extremo noreste del glaciar Sierra Nevada. Dicho glaciar, emplazado sobre el volcán extinto del mismo nombre, tiene una superficie de ca. 8 km² y se encuentra actualmente en retroceso (Thiele et al., 1987).

Es posible apreciar aquí una gran diversidad de rasgos geomorfológicos producidos por la acción del glaciar, tales como circos, bloques erráticos (punto 2; fig. L12-1), rocas aborregadas (fig. L12-2) y marcas producidas por erosión glacial, tanto lateral (fig. L12-2) como de fondo (fig. L12-3). Asimismo, se observan depósitos morrénicos y glacial-custres, estos últimos posiblemente varvados (fig. L12-4).

En el punto 1 se encuentra un pequeño lago de montaña, alimentado por las aguas de fusión del glaciar, las que forman numerosas cascadas (fig. L12-5). Este lago, a su vez, descarga sus aguas hacia un valle glacial, en cuya cabecera se genera un circo de unos 300 m de diámetro (punto 3), que habría sido formado como producto de un evento de glaciación más antiguo que aquel que formó los rasgos anteriormente descritos. El valle forma un gran cañón de unos 200 m de profundidad (fig. L12-6), y por sus escarpadas laderas también caen numerosas cascadas provenientes del deshielo del glaciar. Suelen observarse cóndores en este sector.

En la parte sureste del geosítio (en torno al punto 2) se observan grandes afloramientos de cuerpos intrusivos (fig. L12-7) asignados al Grupo Plutónico Melipeuco (Suárez y Emparan, 1997). También en este sector se encuentran las últimas colonias de árboles nativos que han logrado adaptarse a las inhóspitas condiciones: varias araucarias crecen directamente sobre las rocas plutónicas, mientras las lengas desarrollan rastreras formas debido a la acción

del viento y la nieve.

Para acceder al lugar se debe subir por un sendero durante unas 6 horas, parte del cual fue antiguamente usado como ruta de contrabando, y que hoy está siendo utilizado como circuito turístico por algunos guías locales.

Ilustraciones



Figura L12-1. Bloques Erráticos.



Figura L12-2. Roca aborregada con marcas de erosión lateral por la acción glacial. La vara mide 1,5 m.



Figura L12-3. Marcas por erosión de fondo sobre sedimentos glaciales.

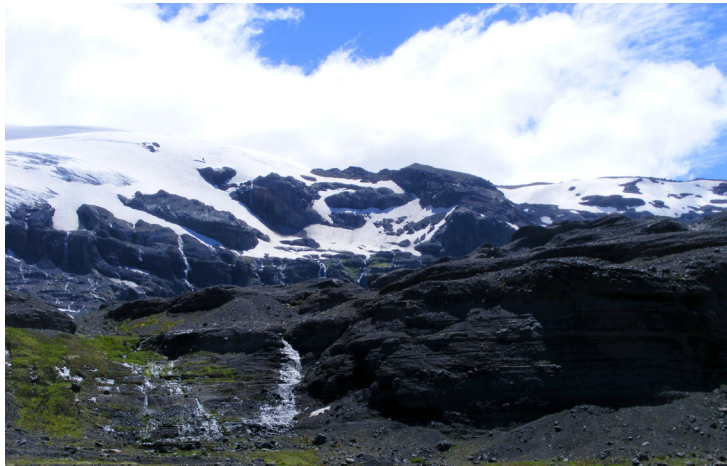


Figura L12-4. Sedimentos glacialacustres, posiblemente varvados.



Figura L12-5. Pequeño lago de montaña, alimentado por aguas de fusión del glaciar.



Figura L12-6. Valle y circo glacial en el sector norte del geosítio.



Figura L12-7. Rocas intrusivas asignadas al Grupo Plutónico de Melipeuco.

Referencias

Suárez y Emparan (1997).

Thiele *et al.* (1987).

Comunicación oral con Manuel Fuentealba, guía local.

Código	Nombre
L13	INTRUSIVOS DEL VALLE DE LONQUIMAY

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Sierra Nevada"/>	Distancia: <input type="text" value="6"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="0"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="12"/> km		Auto: <input type="text" value="0"/> m
			4x4: <input type="text" value="0"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input checked="" type="checkbox"/>
Cultural:	A <input checked="" type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI Secundaria NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

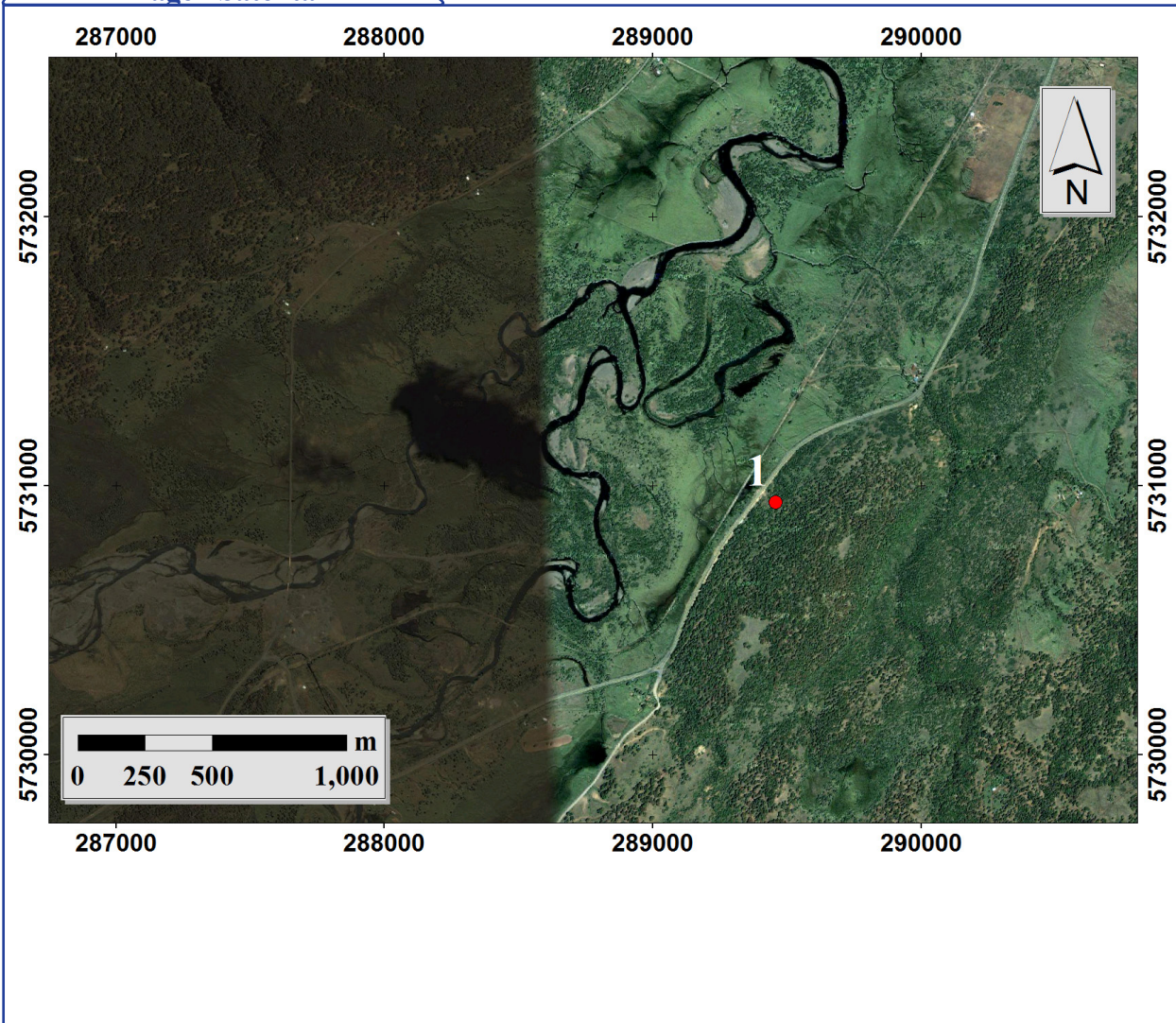
Recolección de Objetos: Posible Restringido NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

El geositio se encuentra en el talud de la ruta internacional 181, entre el poblado de Sierra Nevada y Lonquimay.

Descripción

En el corte en el camino se expone un afloramiento de granodiorita de hornblenda y biotita, mesocrática y de grano medio, asignada al Grupo Plutónico de Galletué (Suárez y Emparan, 1997). Está siendo intruida por un granito de biotita, leucocrático y de grano fino, a través de un set de diques con estructura stockwork. En conjunto forman un paleorelieve de forma lobular que es rellenado por depósitos de tefra volcánica (Fig. L13-1).

El espesor de los diques varía desde 1 mm hasta 50 cm y son rectilíneos. Además, la naturaleza del contacto es nítida y con bordes bien definidos, lo que indica que la roca caja se encontraba cristalizada y en estado frágil en el momento de la intrusión (Fig. L13-2). Esto se refleja tanto en los diques como en el resto de las zonas de contacto entre ambas litologías. Hacia el sector suroccidental del afloramiento, se observa un xenolito de la roca caja (granodiorita) al interior del granito. Tiene más de 1 m de diámetro y presenta un bajo nivel de asimilación (Fig. L13-3).

Las relaciones de contacto expuestas en este sitio, y el hecho de que el cuerpo que intruye es de una composición más evolucionada que la de la roca caja, sugieren que la intrusión se habría generado en etapas tardías del mismo cuerpo magmático que generó a la roca caja. No obstante, se requieren mayores estudios para obtener información concluyente al respecto.

El geosítio se encuentra junto al valle de Lonquimay, en las cercanías del cruce hacia La Fusta. En la imagen satelital del geosítio se observa que sobre la llanura de inundación existen canales abandonados, sin embargo, este rasgo no se aprecia desde el sector del geosítio.

Ilustraciones



Figura L13-1. Intrusivos del valle de Lonquimay



Figura L13-2. Los contactos son nítidos y rectos. Reflejarían intrusión en estado frágil.



Figura L13-3. Xenolito de la roca caja (granodiorita) al interior de la intrusión granítica.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Código	Nombre
L14	LAGO MARIÑANCO

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Troyo"/>	Distancia: <input type="text" value="40"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="11000"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="65"/> km		Auto: <input type="text" value="11000"/> m
			4x4: <input type="text" value="11000"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input checked="" type="checkbox"/>
Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo:

SI <input type="checkbox"/>	Estado de Conservación:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>
Secundaria <input checked="" type="checkbox"/>		Condiciones de Observación:				
NO <input type="checkbox"/>		A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input checked="" type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características de Protección

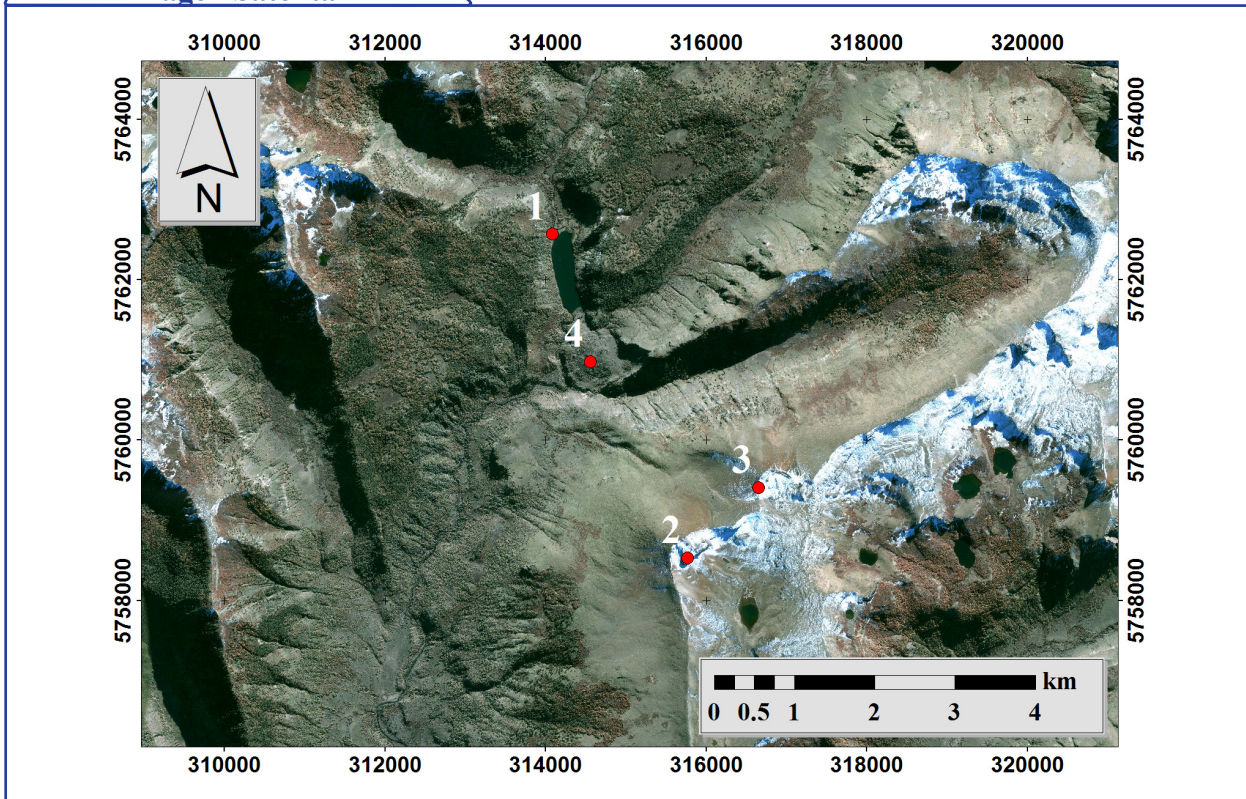
Situación Legal:

Recolección de Objetos:

Possible <input checked="" type="checkbox"/>	Fragilidad Intrínseca:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	D <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>
Restringido <input type="checkbox"/>		Vulnerabilidad a los procesos naturales:				
NO <input type="checkbox"/>		A <input checked="" type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>		

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

El sitio queda ubicado en el valle del Pulul. Para acceder a este lugar se debe entrar al valle por el sur, o bien llegar por el norte atravesando desde el valle de Ránquil a través del Portezuelo Lengas Escritas (geositio L18) o del cordón de Ránquil. Se debe cruzar el río Pulul en algunas ocasiones para llegar a la laguna.

Descripción

Este sitio se ubica en el valle del Pulul, en torno a un lago de forma elongada (aprox. 300 x 1000 m) en la dirección del valle. Uno de los rasgos geológicos más importantes del sector es la presencia, hacia el SSE del lago, de dos centros de emisión (puntos 2 y 3) asociados al extinto ‘volcán Laguna Mariñanco’, de edad Pleistocena Superior (Fig. L14-1). Se trata de “dos pequeños conos, bien conservados, formados por lavas traqui-basálticas y andesíticas, con estructuras columnares, y rocas piroclásticas” (Suárez y Emparan, 1997). Junto al borde oriental del lago, destaca un nivel subhorizontal de rocas volcánicas con disyunción columnar (Fig. L14-1).

La geomorfología del lugar está dominada por la acción de los glaciares que antaño se acumularon en el área, lo que se manifiesta en los distintivos perfiles cóncavos y pendientes escarpadas en las laderas de los valles (L14-2).

Precisamente junto a uno de estos cordones escarpados, las imágenes satelitales de la zona sugieren la presencia de una remoción en masa (punto 4), que podría haber constituido la causa de la represión del río Pulul y la formación del lago. La remoción parece haberse producido por el colapso gravitacional de un espolón truncado, producto de la pérdida de soporte y descompresión al retirarse los hielos glaciares. Lamentablemente, no se tuvo la posibilidad de recorrer la zona sur del lago para corroborar la existencia de depósitos relacionados.

Este geositio se encuentra sobre una ruta que ha sido usada durante años por las comunidades de la zona cada verano para el ciclo de las veranadas, que alberga una importante actividad cultural-productiva asociada a la ganadería y la recolección.

Ilustraciones



Figura L14-1. Lago Mariñanco, centros de emisión (al fondo) y basaltos columnares (a la izquierda).



Figura L14-2. La geomorfología del área en torno al lago está dominada por la acción glacial.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Código	Nombre
L15	LAGO SAN PEDRO

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s): Distancia: km

Distancia a punto más próximo de acceso en: Bus: m

Distancia: km Auto: m

4x4: m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole: Natural: A B C

Cultural: A B C

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI Secundaria NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

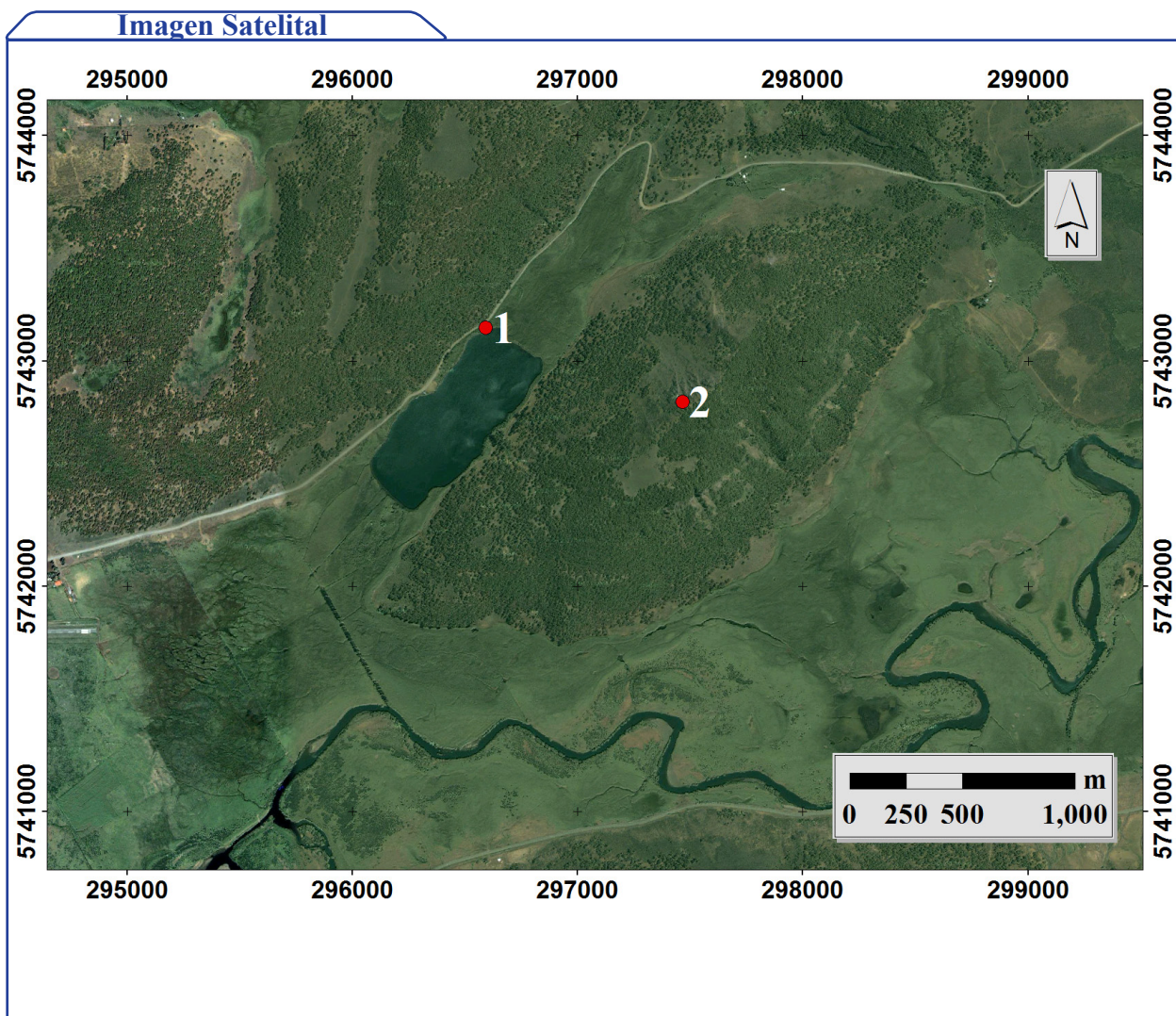
Situación Legal:

Recolección de Objetos: Posible Restringido NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:



Ubicación y Acceso

El geosítio se encuentra sólo 4 km de Lonquimay, junto a la ruta R-791, que conecta Lonquimay con el poblado de Troyo.

Descripción

Corresponde a un lago de origen glacial ubicado en el valle del río Lonquimay (Fig. L16-1). En este sector el valle se encuentra fragmentado en dos partes, debido a la presencia de un cerrojo glacial ubicado junto a la ribera suroriental del lago, y que se habría formado debido a procesos de erosión diferencial.

En una de las dos ramas del valle corre el río Lonquimay, que continúa hacia el este hasta el sector de su confluencia con el río Biobío. La otra rama del valle, sobre la cual se encuentra el lago San Pedro, se extiende sólo por unos pocos km antes de cerrarse, impidiendo el desagüe del lago hacia el noreste. En estos sectores, así como en otras partes del valle, se han reconocido restos de morrenas (María Mardones, comunicación oral).

El lago San Pedro sería el remanente de un lago de mayor extensión superficial, que habría sido rellenado, en parte, por el aporte de tefra volcánica que se ha depositado durante periodos post-glaciales. Esta tefra se encuentra distribuida a lo largo de todo el valle, cubriendo gran parte de las morrenas que se habrían depositado durante sucesivos eventos de glaciación.

En el área en torno al lago se observan diferentes afloramientos de rocas volcánicas asignadas al miembro Guapitrío

de la Formación Cura-Mallín, de edad miocena (Suárez y Emparan, 1997).

Ilustraciones



Figura L15-1. Lago San Pedro, ubicado en una rama del valle glacial de Lonquimay. Obsérvese las lavas del miembro Guapitrio, sobre el cerro a la izquierda.

Referencias

Suárez y Emparan (1997); Ministerio de Bienes Nacionales (2006);
Comunicación oral con María Mardones, Geóloga

Código	Nombre
L16	MESETA BATEA MAHUIDA

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Villa Pehuenia (ARG)"/>	Distancia: <input type="text" value="15"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="7000"/> m
<input type="text" value="Liucura"/>	Distancia: <input type="text" value="43"/> km		Auto: <input type="text" value="4000"/> m
			4x4: <input type="text" value="0"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input checked="" type="checkbox"/>
Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI Secundaria NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

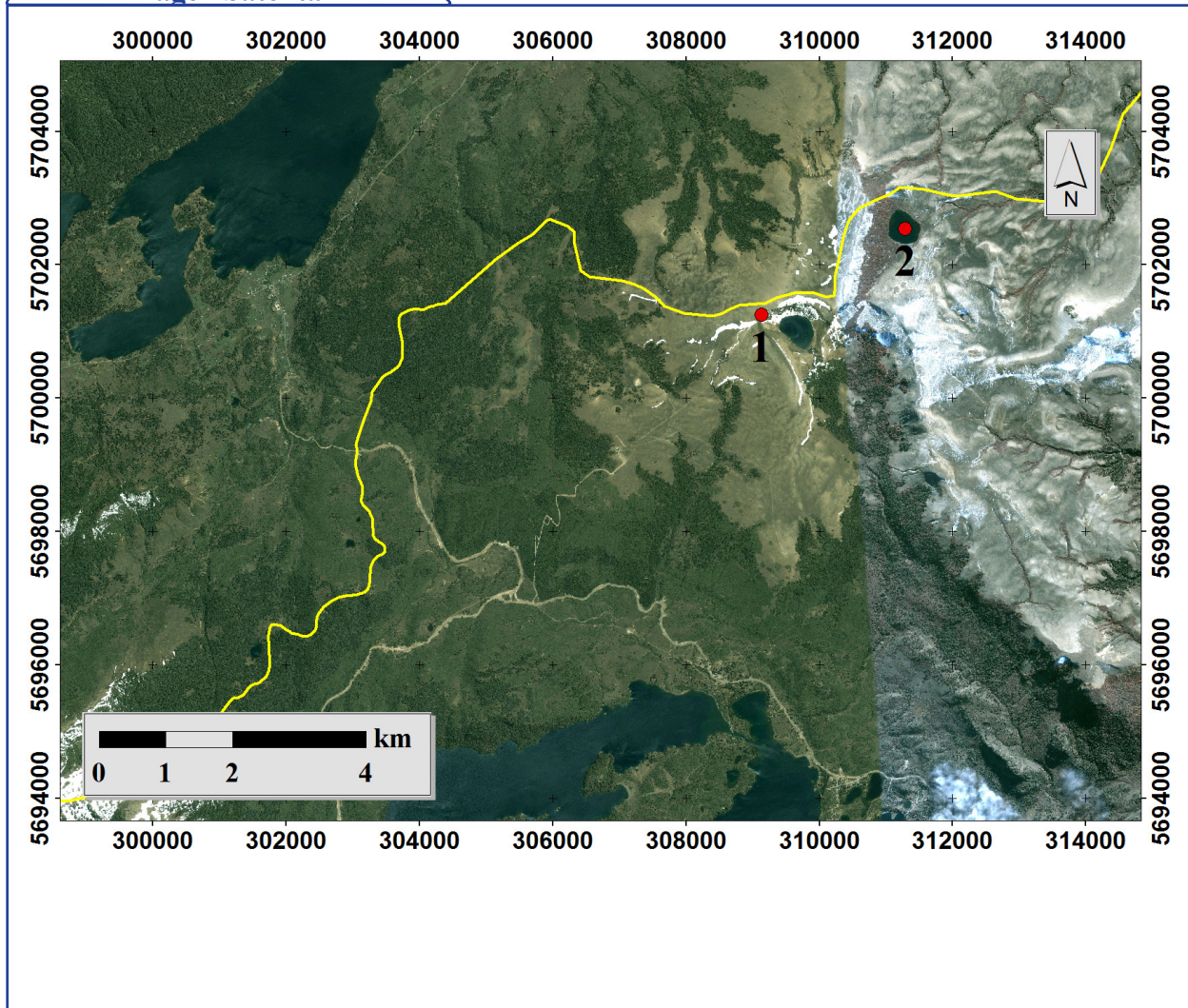
Recolección de Objetos: Posible Restringido NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

Se puede acceder en vehículo o bus por la ruta R-95-S hasta el sector de Cruzaco. Allí hay un cruce, aproximadamente en la coordenada 306456 / 5705995, que sube hacia el este y conduce a Batea Mahuida. Con un vehículo todo terreno se puede subir hasta la cima del cerro.

Descripción

La idea de que el cerro Batea Mahuida (fig. L16-1) es un volcán extinto, con un cráter que alberga un lago en su cima, es una creencia común en la región. Sin embargo, este cerro -cuyo nombre viene dado por su característica forma de batea invertida- no es un volcán sino una meseta. Forma parte del Bloque Copahue – Pino Hachado, el cual se encuentra fuertemente influenciado por los sistemas de falla Biobío – Aluminé y Cordillera de Viento. Este bloque se encuentra elevado sobre el relieve debido a alzamientos tectónicos y como relicto de la erosión del territorio circundante.

El cerro se encuentra formado por lavas basálticas y diabasas de olivino, subofíticas, de edad pliocena inferior, productos que han sido asignados al CVI de la Asociación Volcánica de la Precordillera Oriental (Suárez y Emparan, 1997).

El mencionado lago que se encuentra en la cima (punto 1; fig. L16-2), corresponde a un lago de montaña o ‘tarn’. Estos pequeños lagos, de origen glacial, suelen ocupar la cabecera de los valles en depresiones semicirculares llamadas ‘circos’, que constituyen el punto focal del crecimiento de un glaciar, y que se forman debido al arranque produ-

cido por el hielo (Tarbuck y Lutgens, 1999). A una distancia de 2 km al NE se encuentra otro lago (punto 2), cuyo origen también estaría relacionado a la acción glacial, aunque no presenta un circo tan evidente como el primero.

Por otro lado, casi la totalidad del cerro se encuentra cubierto por tefra volcánica (fig. L16-3), expulsada por el volcán Sollipulli durante un evento pliniano conocido como “erupción Alpehue”. El fenómeno se habría gatillado hace 2900 años, debido a una mezcla de magmas de distintas composiciones (Naranjo *et al.* 1993).

En la ladera occidental del cerro, afloran manantiales de aguas subterráneas que aprovechan la permeabilidad de la tefra para circular. En los sectores donde afloran, forman pequeñas islas de vegetación nativa que forman parte de la riqueza ecológica del sector (fig. L16-4).

Finalmente, la naturaleza altamente volcánica de toda la región queda de manifiesto en la gran cantidad de volcanes visibles desde la cumbre del Batea Mahuida. Desde este sitio se observan los volcanes Lanín (en Argentina), Villarica, Llaima, Lonquimay, Callaqui, Copahue y Antuco, además del extinto volcán Sierra Nevada.

Ilustraciones



Figura L16-1. Cerro Batea Mahuida.



Figura L16-2. Lago de montaña en la cima de Batea Mahuida.



Figura L16-3. El cerro se encuentra casi completamente cubierto por tefra, correspondiente a pómez removilizada.



Figura L16-4. Existen numerosas islas de vegetación en las laderas del cerro.

Referencias

- Suárez y Emparan (1997)
- Tarback y Lutgens (1999)
- Naranjo *et al.* (1993)

Código	Nombre
L17	MORRENA PORTALES

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s): Distancia: km

Distancia a punto más próximo de acceso en: Bus: m

Distancia: km Auto: m

4x4: m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole: Natural: A B C

Cultural: A B C

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI Estado de Conservación: A B C D E

Secundaria Condiciones de Observación: A B C D E

NO

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

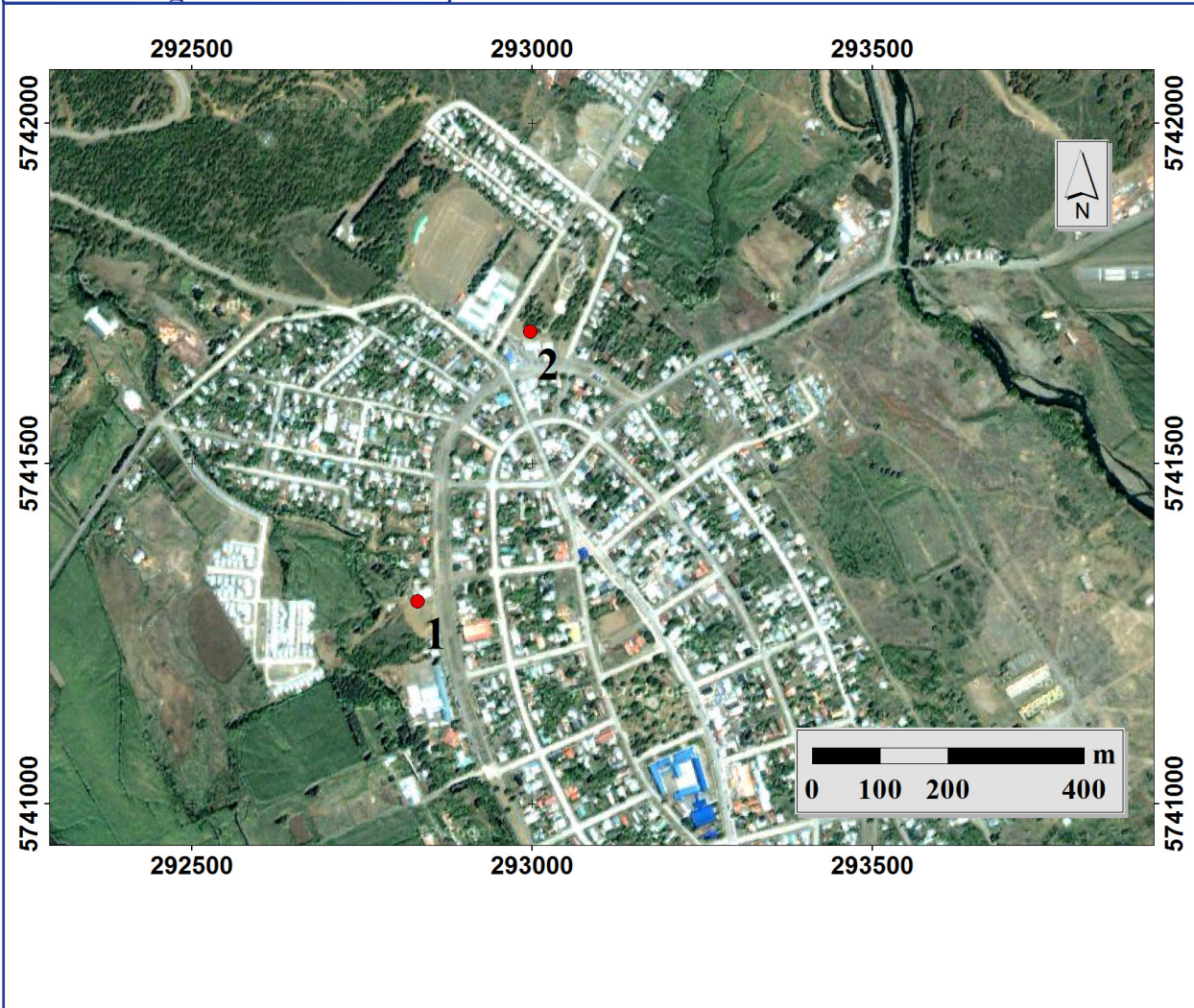
Recolección de Objetos: Posible Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Restringido Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

NO

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

El geosítio se encuentra en la Av. Portales, Lonquimay.

Descripción

En este geosítio aflora una brecha, de hasta 40 m de extensión, cubierta por una sucesión de depósitos estratificados, de 3,5 m de potencia. Tanto el cuerpo de brecha como los depósitos de la cobertura tienen una forma lobulada (figs. L17-1 y L17-2), aunque en el caso del primero, el rasgo se preserva con menor intensidad debido a la intervención antrópica a la que ha sido sometido.

Las brechas tienen un aspecto tilloide, sin estratificación ni estructuras, con clastos subangulosos a subredondeados, de tamaños que van desde gravilla hasta bloques de 60 cm (Fig. L17-3). Presenta marcas de estrías glaciales (Fig. L17-5), de las cuales se identifican al menos dos direcciones y, por lo tanto, evidenciarían distintos eventos de glaciación. Los clastos corresponden a líticos, escorias y, en forma subordinada, granitoides de grano fino, los que se hacen presentes hacia la fracción más fina. La matriz es de color pardo, a veces con tonalidades rojizas por oxidación, y su granulometría varía desde gravilla fina hasta limos. En algunos sectores presenta alteración a minerales de arcilla. Su composición viene dada por líticos, escorias, y cristales de feldespato, plagioclasa, anfíbolos, y algunos minerales máficos con propiedades magnéticas.

Sobre la base de la existencia de estrías, la forma lobulada del depósito, su baja madurez textural y la presencia de minerales químicamente inestables en la matriz, como plagioclasa y anfíbol, se infiere que podría corresponder a un

depósito de morrena glacial.

Los depósitos estratificados de la cobertura son de edad cuaternaria y conforman una sucesión con niveles no mayores a 1 m. Corresponden a capas de tefra de composición escoriácea, con la excepción de una, que es de composición pumicítica (Fig. L17-4). Todos los niveles representarían depósitos de caída, tal vez con la excepción de la capa que sobreyace al nivel de pómez, cuyo mecanismo de deposición podría ser distinto debido a la presencia de fragmentos mayores que le otorgan una regular a mala selección.

Ilustraciones



Figura L17-1. Los depósitos de tefra cubren un paleorelieve de forma lobular. Imagen tomada desde el cerro de la antena (punto 2 en la imagen satelital)



Figura L17-2. Brecha y cobertura en el geositio Morrena Portales.



Figura L17-3. Brecha de aspecto tilloide, interpretada como depósitos morrénicos.



Figura L17-4. Detalle de la cobertura cuaternaria. Corresponden a depósitos de tefra volcánica escoriácea y pómez subordinada.



Figura L17-5. Marcas de estriás glaciales en la roca.

Referencias

Comunicación oral con Jacobus Le Roux, Geólogo

Código	Nombre
L18	PORTEZUELO LENGAS ESCRITAS

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Troyo"/>	Distancia: <input type="text" value="30"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="3000"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="55"/> km		Auto: <input type="text" value="2000"/> m
			4x4: <input type="text" value="2000"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>
Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo:

SI <input type="checkbox"/>	Estado de Conservación:
Secundaria <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/>
NO <input checked="" type="checkbox"/>	Condiciones de Observación:
	A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características de Protección

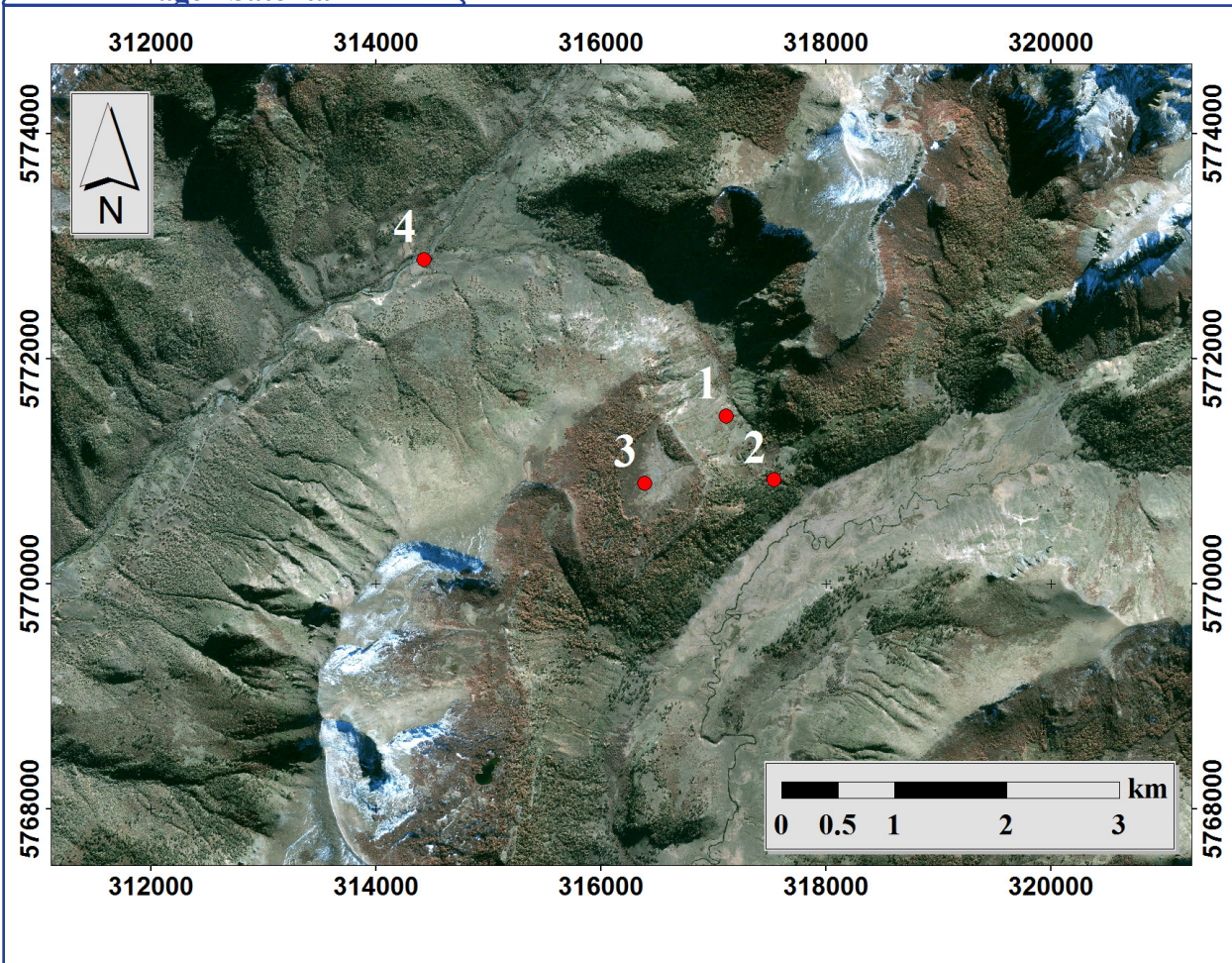
Situación Legal:

Recolección de Objetos:

Possible <input checked="" type="checkbox"/>	Fragilidad Intrínseca:
Restringido <input type="checkbox"/>	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>
NO <input type="checkbox"/>	Vulnerabilidad a los procesos naturales:
	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

Se puede acceder en vehículo por la ruta de ripio R-789 hasta un cruce donde comienza un camino de tierra que se abre hacia el SE (punto 4). Desde ahí hay que avanzar a pie o a caballo por dicho camino, de baja pendiente, durante unos 3 km.

Descripción

Este pequeño valle exhibe el característico perfil cóncavo producido por la acción glacial (Fig. L18-1). Corresponde a un portezuelo (o “puerto de montaña”), que se habría formado debido a la erosión en la cabecera de una quebrada tributaria al valle de Ránquil. La acción del hielo glacial habría favorecido el avance retrógrado de la cabecera, alcanzando ésta el contiguo valle de Pulul.

Desde el punto 1, se puede observar un afloramiento de basaltos con disyunción columnar, que forma un escarpe de decenas de metros de altura (Fig. L18-2). Estas rocas corresponden a lavas del Pleistoceno superior asignadas a la Asociación Volcánica de la Precordillera Oriental (Suárez y Emparan, 1997).

Adicionalmente, este nivel de lavas constituye una de las mesetas del Bloque Copahue – Pino Hachado (punto 3), el cual se encuentra fuertemente influenciado por los sistemas de falla Biobío – Aluminé y Cordillera de Viento. Dicho bloque elevado se habría formado producto de alzamiento tectónico, y como relicto de la erosión sobre el terreno circundante.

En el punto 2 se encuentra el Portezuelo Lengas Escritas, Hito N°16 de la Ruta Patrimonial Valles de la Araucanía. El nombre del portezuelo hace referencia a antiguos escritos dejados por algún desconocido en añosos troncos. (Ministerio de Bienes Nacionales, 2006)

Este geositio se encuentra sobre una ruta que ha sido usada durante años por las comunidades de la zona para el ciclo de las veranadas (que alberga una importante actividad cultural-productiva asociada a la ganadería y la recolección); también ha sido usada por los locales como una ruta alternativa hacia Argentina.

Ilustraciones



Figura L18-1. Geositio 'Portezuelo Lengas Escritas'. Obsérvese el perfil cóncavo de este valle glacial



Figura L18-2. Lavas de valle basálticas, de edad pleistocena superior, con disyunción columnar.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Ministerio de Bienes Nacionales (2006)

Comunicación oral con Jorge Lagos, guía local.

Código	Nombre
L19	SALTO LONQUIMAY

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Sierra Nevada"/>	Distancia: <input type="text" value="8"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="6000"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="26"/> km	Auto: <input type="text" value="6000"/> m	4x4: <input type="text" value="6000"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input checked="" type="checkbox"/>
Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI Estado de Conservación: A B C D E

Secundaria

NO Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

Recolección de Objetos: Posible Fragilidad Intrínseca: A B C D E

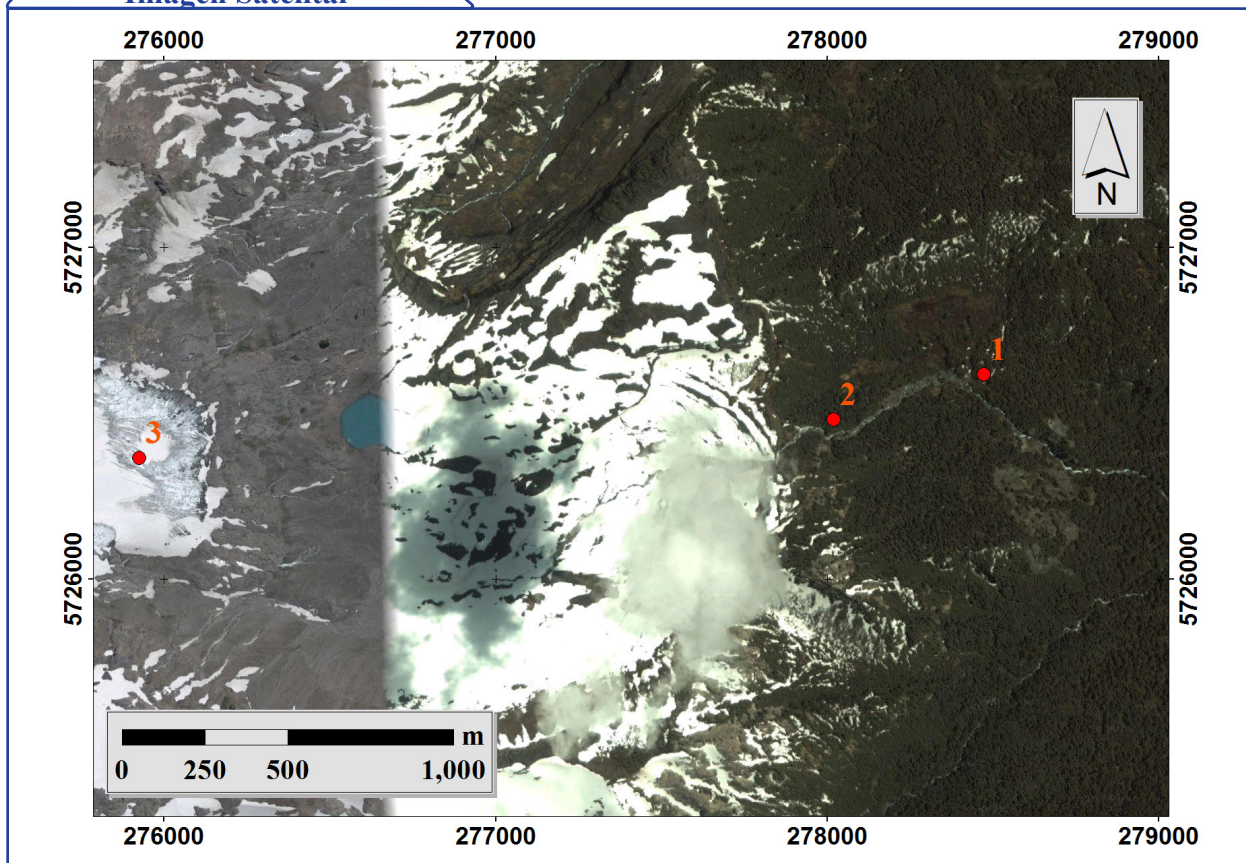
Restringido

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

NO

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

Se puede acceder en vehículo y bus hasta el puente del río Punta Negra (el primer puente al sur del túnel Las Raíces), en la ruta 181 entre Lonquimay y Malalcahuello. Desde allí, se debe cruzar el río y caminar unas 4,5 horas por un sendero que conduce al glaciar.

Descripción

El salto Lonquimay, de unos 100 m de altura, domina el paisaje (fig. L19-1). El río que lo forma (estero Punta Negra) nace a partir de las aguas de fusión del glaciar Sierra Nevada, el cual se encuentra detrás de la cascada, y es visible desde el mirador ubicado en el punto 1. Este glaciar, emplazado sobre el volcán extinto del mismo nombre, tiene una superficie de ca. 8 km² y se encuentra actualmente en retroceso (Thiele et al., 1987).

El volcán Sierra Nevada –con estratos de suaves pendientes y composición fundamentalmente basáltica– ha sido afectado por, a lo menos, dos glaciaciones pleistocénicas, que dieron origen a circos, filos y valles en ‘U’ (Suárez y Emparan, 1997). Esto implica que, durante gran parte del periodo en que se construyó el edificio volcánico, éste se mantuvo cubierto por el hielo. Se piensa que esto afectó en la particular forma que tiene el volcán, la cual se diferencia de las formas más regulares o cónicas que presentan sus vecinos (Schilling, comunicación personal).

La construcción estratiforme del edificio volcánico se ve reflejada en el escarpe del Salto Lonquimay, el cual sería de origen tectónico. En él se diferencian al menos 2 unidades litológicas: en la parte superior se observa un nivel de lavas con disyunción columnar, mientras en la parte inferior destacan niveles estratificados brechosos. Estos últimos podrían haber sido generados por diversos motivos, entre ellos: (1) depositación directa en algún ambiente de tipo glacial (por ejemplo, glacialacustre), o (2) como resultado de la removilización del sedimento glacial debido a algún otro tipo de transporte (por ejemplo, flujos de detritos de origen lahárico).

Este sitio se encuentra en un sendero que fue antiguamente usado como ruta de contrabando, y que hoy está siendo utilizado como circuito turístico por algunos guías locales, como Manuel Fuentealba. Tanto en esta quebrada, como

a lo largo de todo el sendero, existe una gran biodiversidad, destacando bosques de araucarias, varias especies de nothofagus y abundante avifauna nativa (fig.L19-2).

Ilustraciones



Figura L19-1. Salto Lonquimay

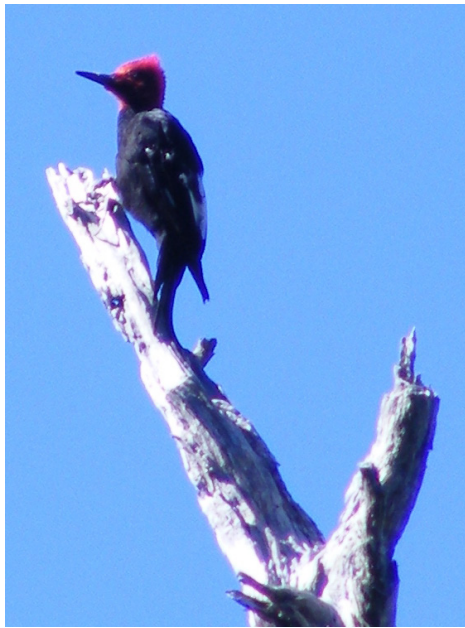


Figura L19-2. El lugar es rico en biodiversidad, tanto en términos de flora como de fauna nativa.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Thiele *et al.* (1987)

Comunicación oral con Manuel Schilling, Geólogo

Código	Nombre
L20	TOBA CRUZADA CHICA

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Liucura"/>	Distancia: <input type="text" value="11"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="1100"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="51"/> km		Auto: <input type="text" value="1100"/> m
			4x4: <input type="text" value="1100"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>
Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI Secundaria NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

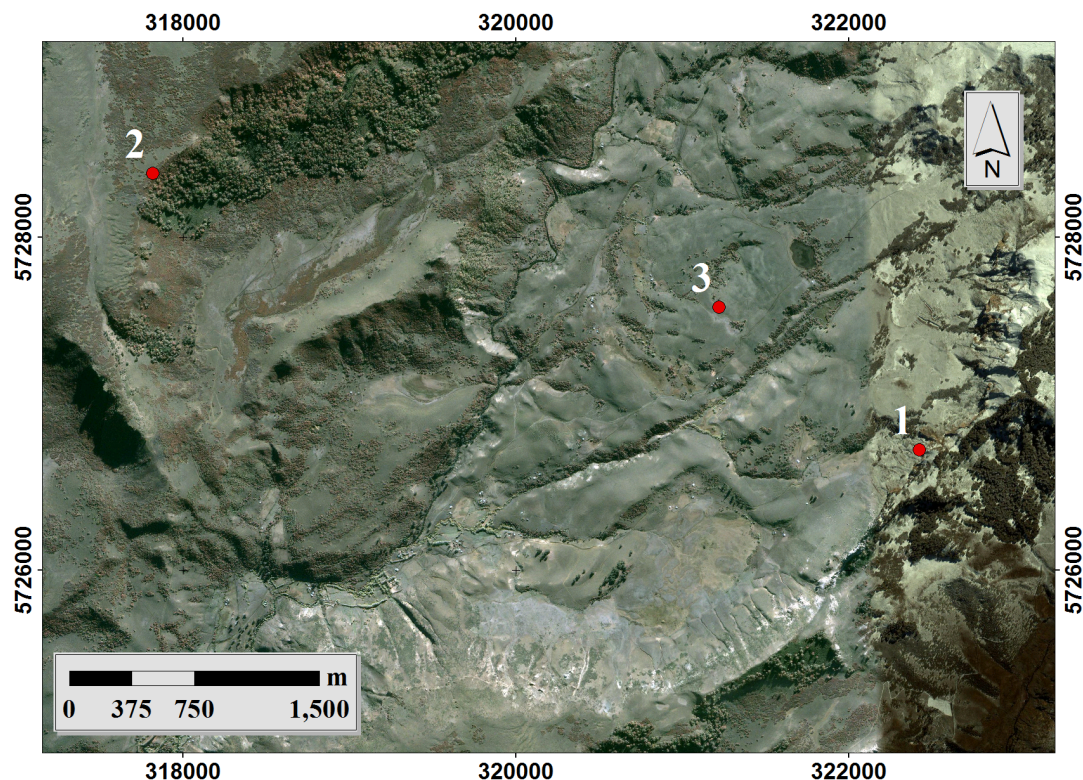
Recolección de Objetos: Posible Restringido NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

Se puede acceder en vehículo por la ruta R-947 que ingresa en el sector de la Reserva Nacional Alto Biobío. Aproximadamente en la coordenada 322044 / 5721935 se debe empalmar con la ruta R-945 que se abre hacia la izquierda. Luego se debe seguir por esta ruta hasta la coordenada (aprox.) 322909 / 5726084. Desde este punto se debe subir a pie hasta el lugar del geositio, a un poco más de 1 km de distancia.

Descripción

Este paso conecta los valles de Tralilhue y Pehuenco, y en él afloran ignimbritas asociadas a la Formación Mitrauquén, de edad Mioceno Superior. La litología corresponde a una toba lítica: es un depósito macizo, sin gradación ni estratificación, que posee alrededor de un 5% de fragmentos líticos en una masa fundamental de pómez (95%). Representarían los productos de un flujo piroclástico laminar.

Las características litológicas de estos depósitos favorecen un tipo de erosión diferencial, que puede apreciarse en distintos lugares del área de estudio. Sin embargo, las ignimbritas en el geositio de Cruzada Chica tienen la particularidad de extenderse sobre la superficie cubriendo una gran área, por lo que el lugar se ha transformado en un verdadero campo de peculiares formas rocosas (fig. L20-1). Estas formas se habrían producido por la acción erosiva de las lluvias y el viento sobre las tobas.

En el sitio también se observa una fractura muy bien definida, desarrollada en un plano subvertical. Debido a las características del terreno, su extensión en la horizontal no excede los 10 m, y su profundidad no pudo ser bien determinada. Retrabajada por la erosión fluvial, tiene un espesor promedio de unos 15 cm (Fig. L20-2).

El geositio se encuentra en un área rica en estructuras tectónicas (véase, por ejemplo, los geositios L10 y L11), y en una zona influenciada por el sistema de falla de Biobío-Aluminé. También existe en el área circundante una gran variedad de deslizamientos gravitacionales identificados por Suárez y Emparan (1997). Desde Cruzada Chica puede observarse el escarpe de uno de ellos (punto 2; Fig. L20-3), en dirección NWW, al otro lado del valle de Pehuenco.

Otro ejemplo ha sido identificado justo frente al geosítio (punto 3), sin embargo, en este último caso el rasgo no es apreciable, ya que la perspectiva no permite la observación de la cicatriz ni del escarpe, y los depósitos del deslizamiento se encuentran cubiertos por vegetación baja.

Por otro lado, el mirador de la Cruzada Chica ofrece vistas parciales a los volcanes Llaima y Lonquimay, pertenecientes al frente volcánico cuaternario.

Don Elizardo García Catalán es el dueño de los terrenos, y ofrece cabalgatas hacia este sitio y otros en el sector. Además, es conocedor de variadas historias relacionadas con el proceso de colonización en el área de la reserva, llevado a cabo desde comienzos del siglo XX.

Ilustraciones



Figura L20-1. Formas erosivas en las rocas del geosítio Cruzada Chica.

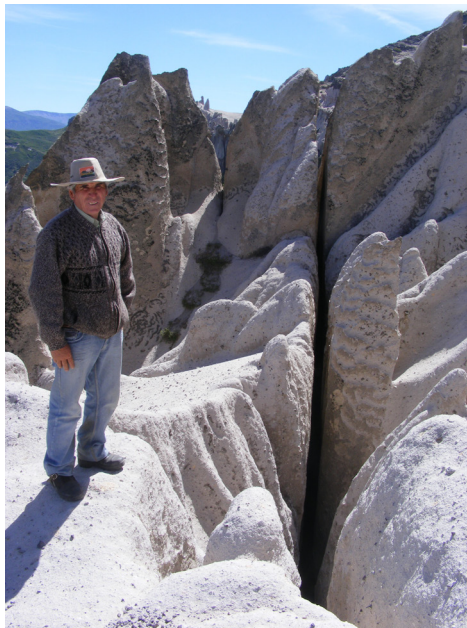


Figura L20-2. Fractura subvertical en el geosítio.



Figura L20-3. Escarpe de deslizamiento gravitacional al otro lado del valle de Pehuenco.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Código	Nombre
L21	TOBA PIEDRA DE LA NOVIA

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

<input type="text" value="Liucura"/>	Distancia: <input type="text" value="11"/> km	Distancia a punto más próximo de acceso en:	Bus: <input type="text" value="360"/> m
<input type="text" value="Lonquimay"/>	Distancia: <input type="text" value="51"/> km		Auto: <input type="text" value="360"/> m
			4x4: <input type="text" value="360"/> m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>
Cultural:	A <input type="checkbox"/>	B <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI Secundaria NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

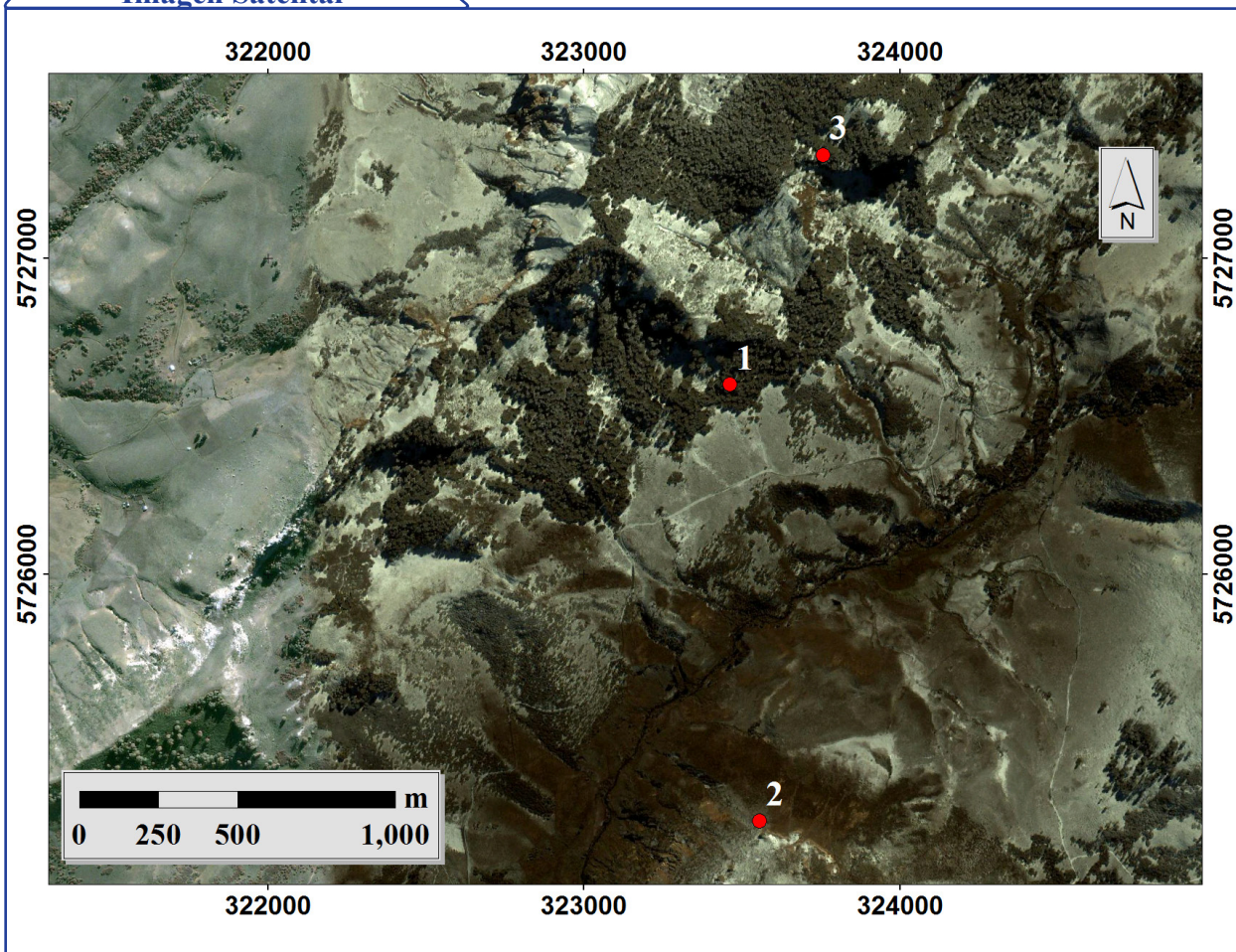
Recolección de Objetos: Posible Restringido NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

Se puede acceder en vehículo por la ruta R-947 que ingresa en el sector de la Reserva Nacional Alto Biobío. Aproximadamente en la coordenada 322044 / 5721935 se debe empalmar con la ruta R-945, la cual se abre hacia la izquierda y accede al área del geosítio.

Descripción

El nombre del geosítio hace referencia a un monolito natural, de unos 10 m de altura, ubicado en el valle de Tralilhue (punto 1; fig. L21-1). La litología corresponde a una toba lítica, maciza, sin gradación ni estratificación, que posee alrededor de un 5-10% de fragmentos líticos de escala milimétrica y centimétrica, con fragmentos subordinados de pómez biotítica, en una masa fundamental de pómez (90-95%). Se asigna a la Formación Mitrauquén (mioceno superior) y representaría los productos de un flujo piroclástico laminar.

Las características litológicas de estos depósitos favorecen un tipo de erosión diferencial, que dio como resultado la formación de este bloque aislado de roca.

Hacia el sur se observa una sucesión de conglomerados y tobas (punto 2; figs. L21-2 y L21-3), asignadas a la Formación Mitrauquén, de edad Mioceno Superior. Dicha sucesión constituye una parte del miembro sedimentario de la unidad, la cual aflora típicamente en el área en torno a la confluencia entre los ríos Tralilhue y Pino Seco. Los distintos conglomerados han sido interpretados como depósitos fluviales y de flujos de detritos, que se habrían acumulado en un abanico aluvial, el cual habría progradado, al menos en parte, hacia un cuerpo de agua. La acumulación de este material marcaría la colmatación y desaparición de la(s) cuenca(s) lacustre(s) del Mioceno Inferior-Medio, representada(s) en el miembro sedimentario de la Formación Cura-Mallín (Suárez y Emparan, 1997).

Don Elizardo García Catalán es el dueño de los terrenos, y ofrece cabalgatas hacia este sitio y otros en el sector. Además, es conocedor de variadas historias relacionadas con el proceso de colonización en el área de la Reserva, llevado a cabo desde hace aproximadamente un siglo atrás.

Ilustraciones



Figura L21-1. Piedra de la Novia.

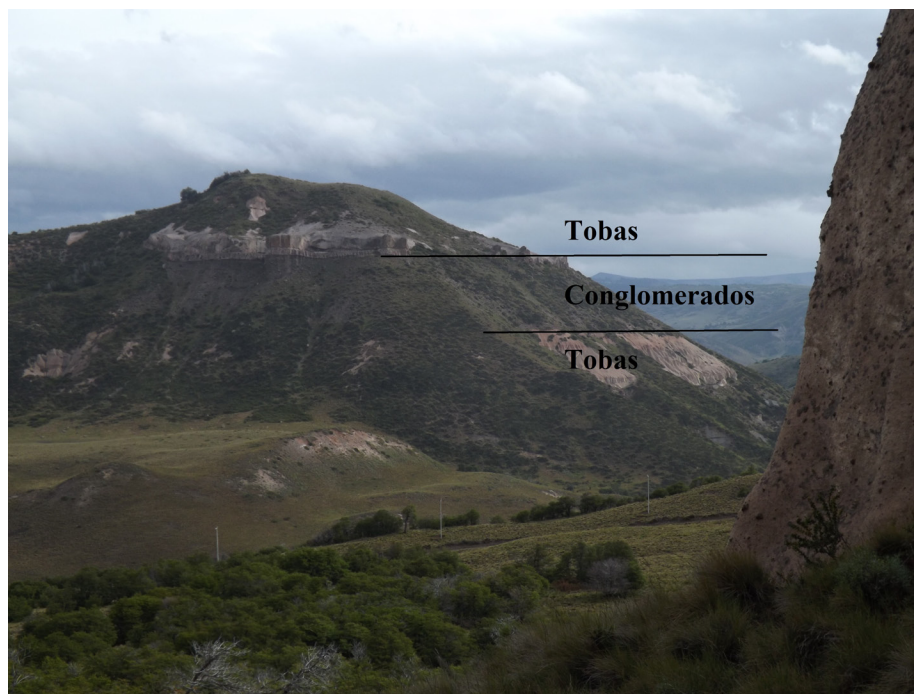


Figura L21-2. Sucesión de conglomerados y tobas de la Fm. Mitrauquén.



Figura L21-3. Otra perspectiva de la sucesión de la Fig.19-2, obtenida avanzando por el camino hacia el SE.

Referencias

Suárez y Emparan (1997)

Código	Nombre
L23	VALLE DE MITRAUQUÉN

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):

Distancia: km

Distancia: km

Distancia a punto más próximo de acceso en: Bus: m

Auto: m

4x4: m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:

Natural: A B C

Cultural: A B C

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI

Secundaria

NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

Recolección de Objetos: Posible

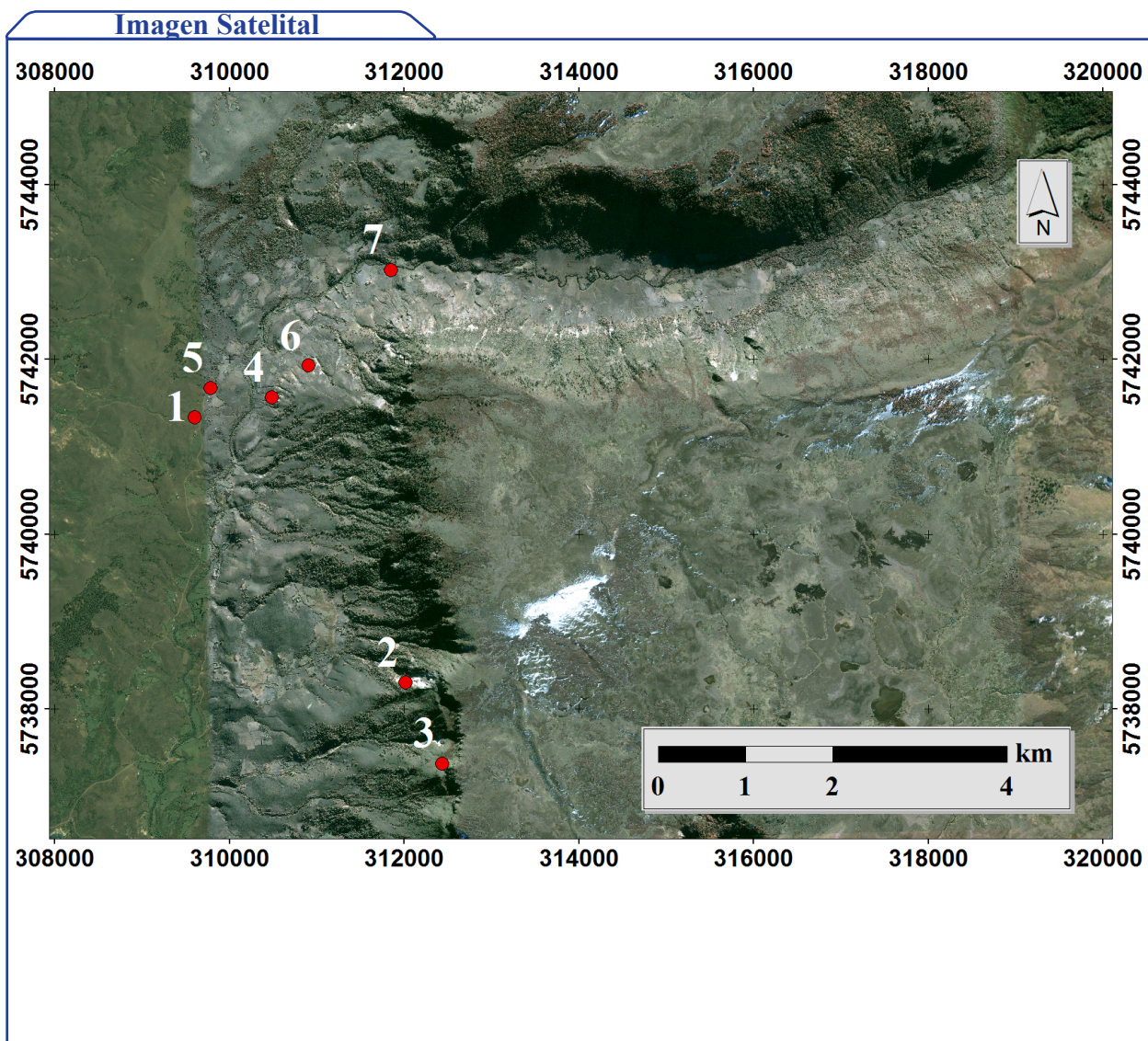
Restringido

NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:



Ubicación y Acceso

El geositio se encuentra en el valle del Río Mitrauquén. Yendo desde Lonquimay, se debe cruzar el puente Lolén e, inmediatamente después, doblar a la izquierda. Luego de tan solo 800 m, se debe doblar a la derecha, accediendo a la ruta R-891, la cual se interna hacia el valle. Yendo desde Liucura, se debe avanzar hacia el Norte por la ruta internacional 181 y, en la bifurcación que se encuentra justo antes del puente Tucape, se debe tomar a la derecha. Este camino corresponde a la ruta R-895. Se debe seguir por esta ruta hasta aproximadamente el punto 308050 / 5736716, desde donde nace la ruta R-897, hacia el NE, la cual se interna en el valle de Mitrauquén.

Descripción

A lo largo de este valle es posible observar algunas de las relaciones estratigráficas que existen entre las unidades neógeno-pleistocenas en la región. Esto ya que, en la ladera que se ubica a la izquierda del río Mitrauquén, aflora una secuencia que compromete a sucesiones sedimentarias de la Formación Cura-Mallín, unidades volcánico-sedimentarias de la Formación Mitrauquén, y niveles volcánicos asignados al CVII de la Asociación Volcánica de la Precordillera Oriental (Suárez y Emparan, 1997).

Sólo por medio de un recorrido a través del valle es posible obtener una visión acerca de la relación temporal entre estas unidades, ya que no se puede obtener una perspectiva clara de toda la secuencia desde un solo punto.

Así, desde el punto 1 se puede observar, hacia el SE, un escarpe de deslizamiento gravitacional que expone una unidad de tobas de la Formación Mitrauquén (punto 2), las cuales subyacen a las lavas plio-pleistocenas del CVII (punto 3) (fig. L23-1). Desde este mismo mirador se observa, en dirección N60°E, a los característicos depósitos del miembro Río Pedregoso (punto 4). Sobre ellos, se observan todavía a las lavas en lo alto, pero no así las tobas, que se encontrarían cubiertas (fig. L23-2).

Internándose por el valle a través del camino que sale desde el punto 5 hacia la izquierda, se accede a una nueva perspectiva. Aquí se pueden ver nuevamente al nivel de tobas (punto 6), sobreyaciendo a las sucesiones sedimentarias de la Formación Cura-Mallín (las mismas del punto 4). Incluso sobre las tobas, se observa un depósito macizo de conglomerados volcanoclásticos, el cual también pertenece a la Formación Mitrauquén (fig. L23-3).

Es así como, a través del conjunto de observaciones, se puede concebir la relación temporal que existe entre estas tres unidades cenozoicas, de gran relevancia en el área de estudio. La naturaleza de los contactos entre ellas, lamentablemente, no son claros ya que están cubiertos por vegetación.

Cabe mencionar que las lavas andesítico-basálticas de la Asociación Volcánica de la Precordillera Oriental forman la parte alta de 'Pampa Cayulafquén', una de las mesetas que conforman el bloque Copahue-Pino Hachado, el cual se eleva sobre el relieve debido al alzamiento tectónico y a la erosión preferencial del terreno circundante, controlada por los sistemas de falla de Biobío-Aluminé y Cordillera del Viento.

El valle de Mitrauquén presenta también rasgos geomorfológicos que reflejan su pasado glacial, como por ejemplo un drumlin, sobre el cual se ha emplazado el cementerio de la comunidad (fig. L23-4).

Ilustraciones



Figura L23-1. Tobas de la Formación Mitrauquén subyacen a lavas plio-pleistocenas.



Figura L23-2. Sucesiones del miembro Río Pedregoso subyacen a lavas plio-pleistocenas.



Figura L23-3. Conglomerados y tobas de la Formación Mitrauquén sobreyacen a las sucesiones del miembro Río Pedregoso.



Figura L23-4. Drumlin sobre el fondo del valle de Mitrauquén.

Referencias

Suárez y Emparan (1997); Comunicación oral con Manuel Suárez, geólogo.

Código	Nombre
L24	YACIMIENTO DE CARBÓN CERRO RUCAMANQUE

Características de Uso

Comuna: Localidad:

Coordenadas: Altitud: msnm.

Poblado(s) más próximo(s):
 Distancia: km
 Distancia: km

Distancia a punto más próximo de acceso en:
 Bus: m
 Auto: m
 4x4: m

Uso Actual:

Asociación con elementos de índole:
 Natural: A B C
 Cultural: A B C

Observaciones:

Características Intrínsecas

Contexto(s) Geológico(s) Representado(s):

Tipo(s) de Interés Geológico:

Publicaciones que lo incluyen:

Localidad Tipo: SI
 Secundaria
 NO

Estado de Conservación: A B C D E

Condiciones de Observación: A B C D E

Observaciones:

Características de Protección

Situación Legal:

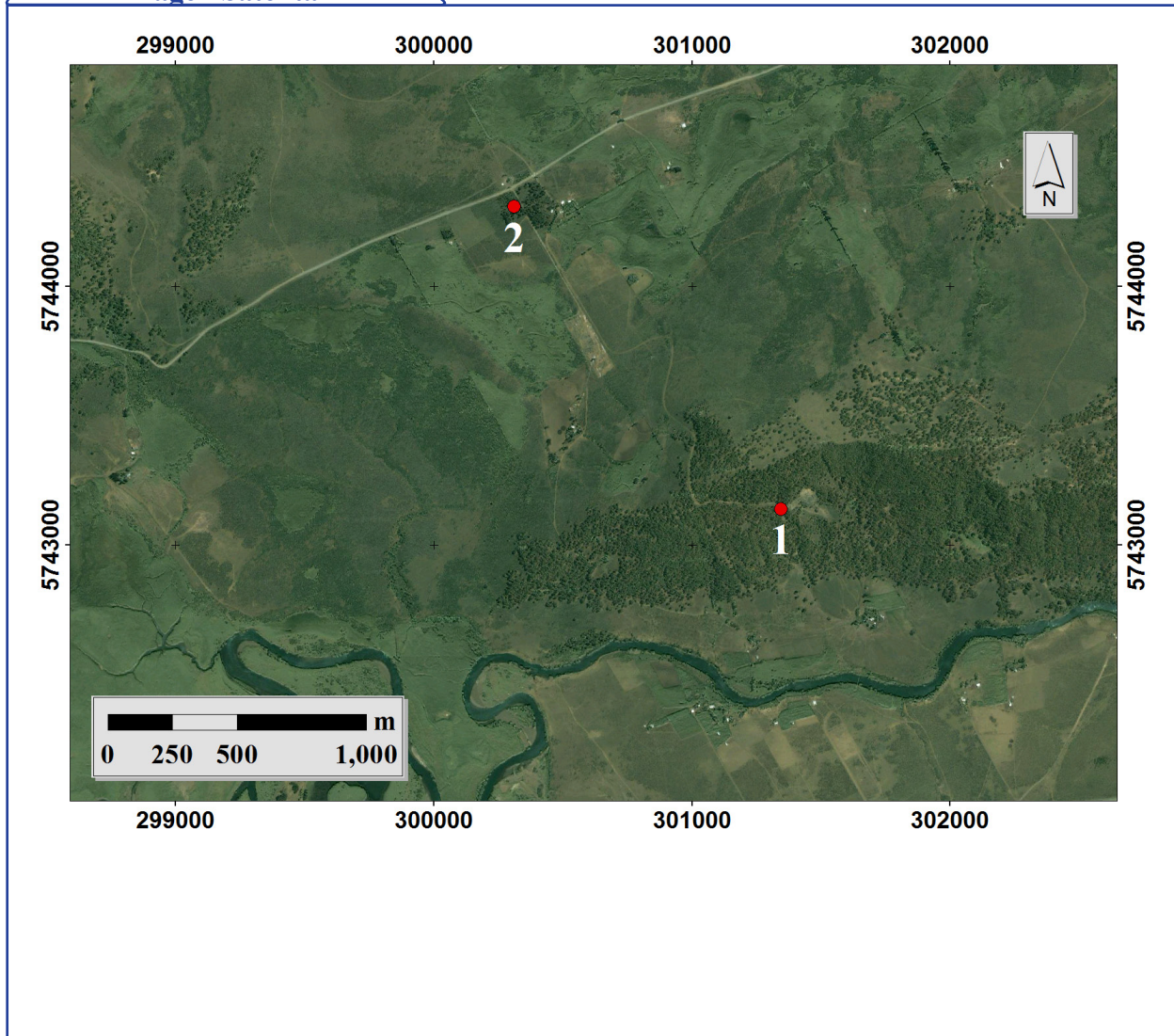
Recolección de Objetos: Posible
 Restringido
 NO

Fragilidad Intrínseca: A B C D E

Vulnerabilidad a los procesos naturales: A B C

Observaciones:

Imagen Satelital



Ubicación y Acceso

El geositio corresponde al cerro Rucamanque, en el valle de Lonquimay. Se accede por la ruta R-791, hasta llegar aproximadamente al punto 2. Desde allí se debe tomar un camino que sale hacia el SSE, pasa junto al vertedero y se acerca al geositio.

Descripción

En la ladera sur del cerro Rucamanque, en el valle de Lonquimay, aflora la única manifestación de carbón de cierta importancia conocida en la región. Corresponde a una sucesión de lutitas carbonosas y mantos de carbón, asignados al miembro río Pedregoso de la Formación Cura-Mallín (Suárez y Emparan, 1997). El yacimiento, que fue explotado económicamente en el pasado, hoy no presenta actividad minera, sin embargo aún se conservan los túneles construidos para las antiguas faenas (figuras L06-1 y L06-2). El porcentaje de cenizas en el carbón, estimado por Fenner (1933), sería no inferior a 20%, debido a las intercalaciones de lutitas.

En esta misma área se exponen, además, afloramientos aislados de areniscas con estratificación cruzada y conglomerados clasto-soportados, localmente imbricados (Suárez y Emparan, 1997), y en los que Palma-Heldt (1983) encontró palinomorfos similares a los de otras rocas de la Formación Cura-Mallín. Los depósitos fueron asignados al miembro Río Pedregoso, constituyendo parte de la asociación de facies fluvial.

El geositio presenta interés histórico por su pasado minero y por las implicancias que tuvo en el desarrollo de Lon-

quimay durante el s.XX.

Ilustraciones



Figura L24-1. Túnel construido para faena minera abandonada.



Figura L24-2. Túnel construido para faena minera abandonada.

Referencias

Suárez y Empanan (1997)
Fenner (1933)
Palma-Heldt (1983)

5.4 Discusión

La metodología de valoración por categorías de uso constituye una herramienta bastante adecuada para la estimación del grado de interés de los geositios en Kütralkura. Como se mencionó en el capítulo 2, los Geoparques logran sus objetivos a través de 3 ámbitos principales, que son la *educación*, la *conservación* y el *geoturismo*, y los geositios constituyen los elementos básicos sobre los cuales trabajan dichas áreas. Por esta razón, la valoración de éstos en torno a categorías didácticas, turístico-recreativas y de protección, engrana de manera directa con los objetivos fundamentales de estos territorios. Adicionalmente, el trabajo en estos tres ámbitos está siempre relacionado con el valor geológico excepcional del área, que constituye la característica principal de todo Geoparque: he aquí la necesidad de evaluar también los geositios en torno a su interés científico. En otras palabras, un Geoparque no puede ser concebido sin la presencia de geositios de relevancia científica, pues son éstos los que reflejan de mejor manera el valor geológico del territorio.

Una de las observaciones que puede hacerse en referencia al conjunto de geositios seleccionados, es que algunos de ellos presentan un alto valor en más de una de las categorías de uso (tabla 5.6). Un excelente ejemplo lo constituye el geositio ‘Cordón Fisural Oriental’, que presenta un valor de uso científico y didáctico ‘Excepcional’, además de un puntaje ‘Alto’ en la categoría turística-recreativa. Otros ejemplos son los geositios ‘Discordancias de Contraco’, ‘Falla Pino Solo’, ‘Valle de Mitrauquén’ y ‘T.P.S.’ (dado su valor de uso didáctico y científico); así como también ‘Meseta Batea Mahuida’ (didáctico y turístico-recreativo) y ‘Glaciar Sierra Nevada’ (científico y turístico-recreativo). Estos geositios presentan un gran potencial de uso en el Geoparque, pudiendo realizarse distintos tipos de actividades en ellos. Los otros geositios se encuentran asociados a un tipo particular de uso.

En este sentido, se debe reflexionar sobre el significado de los resultados en las distintas categorías. Por ejemplo, de los parámetros que entran en juego para la categoría de uso científico (tabla 3.3), los más importantes son su Representatividad, Rareza, Grado de Conocimiento Científico y su carácter de Localidad Tipo. Es decir, los geositios mejor evaluados en esta categoría suelen compartir dos características distintas:

- (1) son los que reflejan de mejor manera las principales características del área de estudio (incluyendo tanto los procesos ‘normales’ como también las mayores singularidades), y
- (2) poseen, por lo general, una base científica sólida sobre la cual se pueden hacer nuevos estudios.

De tal manera que, si se quisiera promover una mayor cantidad de estudios científicos para enriquecer el conocimiento del territorio del Geoparque Kütralkura, estos geositios podrían constituir los mejores puntos de partida. Por ejemplo, sería muy interesante que se alentara a estudiantes de Geología distintas universidades para que realicen sus trabajos de título estudiando

las sucesiones marinas jurásicas en la región, a través de sitios como las ‘T.P.S.’ o los ‘B.A.P.P.’; o estudiando otros aspectos de su historia geológica, a partir de sitios como las ‘Discordancias de Contraco’, el ‘Glaciar Sierra Nevada’ o el ‘Cordón Fisural Oriental’.

En la categoría de uso didáctico, el parámetro más importante es su ‘Utilidad Didáctica’, que evalúa no sólo con respecto de la aptitud del geositio para ser usado en actividades pedagógicas, sino también en función del tipo de público hacia el cual van dirigidas dichas actividades (tabla 3.3). En este trabajo, la categoría se encuentra ligada a la realización de actividades con un público de conocimientos básicos, más que con uno de perfil especializado, aunque haya sitios que también puedan presentar utilidad para este último grupo. Otros parámetros de importancia, como aquellos asociados a sus condiciones de acceso, valoran las facilidades que brinda el sitio para ser utilizado en actividades educativas grupales. Los geositios que obtuvieron los mayores puntajes en esta categoría son especialmente útiles para la difusión y enseñanza de las Ciencias de la Tierra a la comunidad local, a través de actividades como las que se realizaron el año 2011, durante el proyecto “Exploradores del volcán Llaima” en escuelas de Vilcún, Melipeuco y Curacautín (Schilling *et al.* 2011; 2012; Contreras, 2013). Geositios tales como ‘Intrusivos del Valle de Lonquimay’, ‘Morrena Portales’, o los ya mencionados ‘Discordancias de Contraco’ y ‘Cordón Fisural Oriental’, pueden ser de gran utilidad para ilustrar procesos magmáticos, glaciales, tectónicos, sedimentarios o volcánicos. En general, estos geositios constituyen buenos ejemplos, presentan una buena accesibilidad y no son especialmente frágiles, por lo que pueden resistir el impacto de actividades en grupos sin degradarse. La única excepción a esto último es el geositio ‘T.P.S.’, que alcanzó el umbral de selección a pesar de presentar una elevada Fragilidad, debido a sus notables características. El índice, sin embargo, advierte sobre la facilidad con la que el geositio puede ser dañado, por lo que, en caso de ser utilizado para este tipo de actividades, se deben tomar todas las medidas de resguardo necesarias. Éstas pueden incluir: realizar las visitas con grupos pequeños, condicionar el acceso a la presencia o el guiado de personal autorizado, educar a la comunidad sobre la importancia de la conservación del patrimonio, etc. Una de las medidas de protección para los geositios de elevada fragilidad consiste en evitar la divulgación masiva de su existencia y localización, por lo que éstos no deben ser publicados en guías u otros documentos de libre acceso. Para el caso de este trabajo se ha generado una versión para uso interno, que incluye una descripción detallada de tales geositios, y otra para uso público (como la presente), en donde se omite dicha información.

Respecto a la categoría de uso turístico-recreativo, sus principales parámetros corresponden a su uso actual, calidad visual y su asociación con elementos culturales y naturales (tabla 3.3). En general, los geositios que obtuvieron los mayores puntajes en esta categoría, son aquellos que reúnen características importantes desde el punto de vista turístico: son valiosos desde el punto de vista del paisaje, ricos en flora y/o fauna nativa y presentan elementos históricos o culturales de interés. Prácticamente todos estos sitios se encuentran vinculados a rutas y servicios ofrecidos por emprendedores locales. Esto último no solamente los vuelve atractivos para el visitante, sino que también refleja la importancia de estos geositios para la promoción del desarrollo local a través del geoturismo, lo que constituye uno de los objetivos de los Geoparques.

Por otro lado, en relación al inventario de geositios, éste debe ser capaz de mostrar, por un lado, la realidad geológica circundante, y por otra parte, las principales singularidades de la zona. El conjunto de geositios seleccionados parece reflejar de manera adecuada este último punto, ya que presenta cinco sitios que constituyen ejemplares únicos en la zona de estudio, dadas sus notables características. Estos sitios son: ‘Cordón Fisural Oriental’, ‘Discordancias de Contraco’, ‘Yacimiento de carbón cerro Rucamanque’, ‘Estratos de Huenual Ivante’ y ‘Azufreras de Pelehue’ (tabla 5.2).

También se puede decir que el inventario refleja la geología de la comuna, ya que encarna las características principales de todos los contextos geológicos reconocidos en el área de estudio (fig. 5.4). Sin embargo, un aspecto a mejorar en futuras actualizaciones del inventario, es la proporción en que los contextos se hallan representados. Un ejemplo lo constituye el contexto ‘BM’, que a pesar de tener una marcada influencia sobre la zona de estudio, posee una baja cantidad de geositios asociados. En esta línea, puede ser interesante una cobertura más exhaustiva en el sector del valle de Quinquén, zona donde no solamente está presente el batolito mesozoico, sino que también posee una considerable relevancia cultural debido a la presencia de comunidades pehuenches.

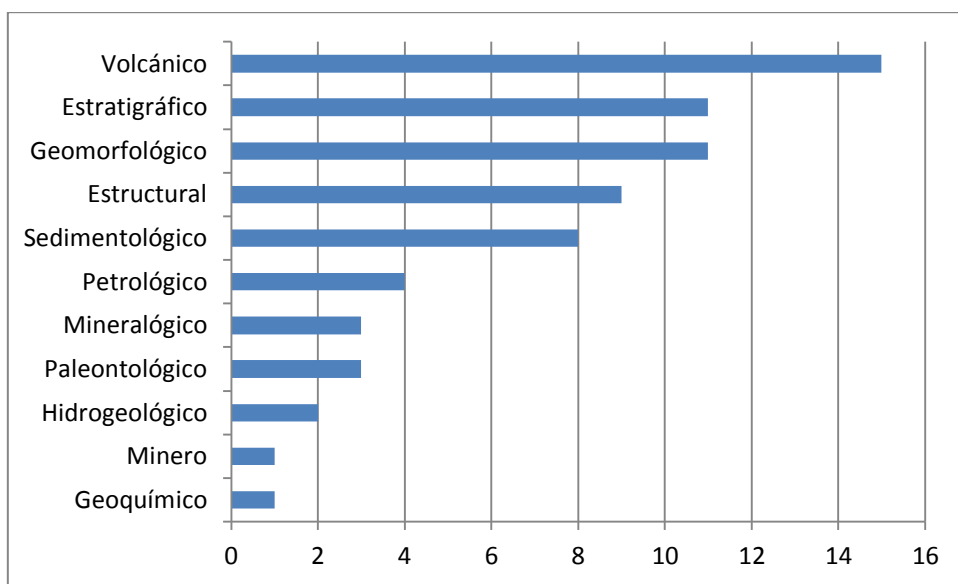


Figura 5.5. Número de geositios en que se ve representado cada tipo de interés geológico.

Con respecto a los tipos de interés, se observa que todos los que fueron inicialmente catalogados se ven representados en el inventario final (fig. 5.5), lo que es positivo pues significa que los geositios están representando el potencial que tiene la zona en las distintas disciplinas de las Ciencias de la Tierra. Como es natural, las características de la zona de estudio determinan la frecuencia con que se repiten los tipos de interés en los distintos sitios, aunque –al igual que para el caso de los contextos geológicos representados– no es una tarea fácil encontrar la proporción

que mejor refleje las características del área de estudio. Nuevamente, un estudio de geodiversidad en Kütralkura puede resultar de elevada utilidad en este ámbito.

Es importante recordar que en todo proceso de inventario, y especialmente en la fase de valoración, siempre existe una componente subjetiva que no puede ser anulada, aunque sí mitigada mediante la aplicación de una metodología apropiada. En este sentido, la definición precisa de los criterios de valoración minimiza las ambigüedades y contribuye a homogenizar la manera en cómo se interpretan los distintos parámetros. Éste constituye uno de los principales mecanismos implementados en este trabajo con el fin de atenuar el grado de subjetividad.

Otro de los factores que influye sobre la posibilidad de sesgo es el número de personas que lleva a cabo las labores de inventario. La subjetividad aumenta mientras más reducido sea el grupo. Por esta razón, la conformación de un equipo numeroso y multidisciplinario ha sido recomendada en algunas propuestas metodológicas (García-Cortés y Carcavilla, 2009; Carcavilla *et al.* 2007). En el caso del presente estudio esta recomendación no ha podido ser acogida, hecho que constituye una de sus principales limitaciones.

El inventario de geositorios para la comuna de Lonquimay es el segundo que se realiza en el marco del proyecto Geoparque Kütralkura y probablemente no sea el último. Es esperable que, una vez finalizado el proceso de inventario en toda el área del Geoparque, lo que se tenga es un mosaico de puntos tratados de manera desigual por distintas personas o instituciones. Por esta razón, es altamente recomendable la constitución de un equipo que supervise los métodos utilizados y revise los geositorios seleccionados, para así obtener un resultado final más preciso y homogéneo. Este equipo debiera, además, realizar un monitoreo constante de la conservación de los geositorios y realizar futuras modificaciones en el inventario, frente a eventuales cambios en el grado de interés o en el riesgo de degradación de los sitios. Estos cambios pueden producirse debido a diversas causas, como el desarrollo de investigaciones que aporten nuevos antecedentes sobre los sitios, la construcción de nuevas vías de acceso, etc.

6. CONCLUSIONES

El principal propósito de este trabajo consistió en la generación de un inventario de geositorios para la comuna de Lonquimay, en el marco del proyecto para la creación del Geoparque Kütralkura. El objetivo detrás del inventario es el de contribuir al diseño de políticas de conservación y gestión del geopatrimonio en la comuna. Dichas políticas pueden consistir en la creación de rutas geoturísticas, el desarrollo de programas educativos y/o el fomento de la investigación científica, entre otras.

El inventario resultante debe, en este sentido, estar compuesto por aquellos geositorios con mayor potencial para su utilización en materias de índole científica, didáctica y turístico-recreativa. Asimismo, se debe considerar las necesidades de protección de los geositorios en función de su

vulnerabilidad y su relevancia. Para lograr la selección de los geositos más adecuados, por lo tanto, resultó necesaria la generación de una metodología que considerara todos estos aspectos. La metodología implementada en este trabajo, que contempla la valoración de los potenciales geositos en torno a categorías de uso, resultó especialmente útil en esta materia y se adaptó a los objetivos del estudio.

El inventario generado a partir de esta metodología está compuesto de 24 geositos, cada uno de los cuales destaca, en el área de estudio, por su potencial para ser utilizado en, al menos, una de las tres categorías de uso. Se contempla un total de 10 geositos con un alto o excepcional valor para uso científico, 10 para uso didáctico y 11 para su uso en programas vinculados al geoturismo. Un geosito en particular ('E.P.L.'), no forma parte de los más destacados en ninguna de las 3 categorías de uso, pero sí presenta un considerable valor de uso didáctico y un elevado riesgo de degradación, por lo que también fue incluido en el inventario.

Por otro lado, el inventario de geositos de Lonquimay refleja la geología de la comuna, tanto en términos de los procesos 'normales' de su historia geológica, como también de las mayores singularidades. Los geositos seleccionados, como conjunto, evidencian los principales procesos geológicos que han tenido lugar en el área de estudio. Para lograr esto fue necesario realizar, de manera previa a la identificación de los potenciales geositos, una revisión bibliográfica y una síntesis geológica que permitieran determinar los principales contextos geológicos presentes en el área de estudio. Dichos contextos fueron considerados durante la etapa de identificación de los potenciales geositos, en busca de la generación de un listado preliminar que fuese diverso y representativo.

Finalmente, se debe mencionar que éste es el segundo inventario de geositos realizado en el marco del proyecto Geoparque Kütralkura y que, posiblemente, nuevos inventarios sean desarrollados en el territorio. Es esperable que, para entonces, se disponga de varios conjuntos de geositos tratados de distinta manera por diferentes personas o instituciones. Por esto, será necesaria la conformación de un equipo que supervise los trabajos realizados y que homogenice el tratamiento de la información, con el fin de generar un inventario uniforme que abarque la totalidad del territorio del Geoparque. Dicho inventario, a su vez, debe estar abierto a modificaciones y actualizaciones, en función de los nuevos estudios que se desarrollen en Kütralkura y de eventuales cambios en el estado de conservación de los geositos. Por esta razón, es recomendable que éstos permanezcan sujetos a una constante revisión y monitoreo.

7. REFERENCIAS

- ALVARENGA, H. M. F. 1995. A large and probably flightless anhinga from the Miocene of Chile. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 181, 149-161.
- ARENAS, M.; JARA C.; MILOVIC J.; PÉREZ, Y.; TRONCOSO, R.; BEHLAU, J.; HANISCH, J.; HELMS, F. 2005. Geología para el ordenamiento territorial del área de Valdivia, región de Los Lagos. *SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental (n.8)*: 71 p., il; fot.col; 7 mapas pleg.col escala 1:100.000, Santiago.
- ARRATIA, G. 1982. A review of freshwater percoids from South America (Pisces, Osteichthyes, Perciformes, Percichthyidae, and Perciliidae). *Abh. Senckenberg Naturforsch. Ges.* 540: 1-52.
- AZPELICUETA, M.D.L.M.; RUBILAR, A. 1997. A fossil siluriform spine (Teleostei, Ostariophysii) from the Miocene of Chile. *Revista Geológica de Chile*, 24, 109-113.
- AZPELICUETA, M.D.L.M.; RUBILAR, A. 1998. A Miocene Nematogenys (Teleostei: Siluriformes: Nematogenyidae) from south-central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18, 475-483.
- BATIZA, R.; WHITE, J. 1999. Submarine lavas and hialoclastite. In: Sigurdsson, H. (Ed.), *Encyclopaedia of Volcanoes*. Academic Press, San Diego, CA, p. 361-381.
- BENADO, J. en preparación. Inventario de locales de interés geológico en la comuna de San José de Maipo, Chile. Tesis para optar al título de Magister en Patrimonio Geológico y Geoconservación, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Minho, Braga, Portugal.
- BRILHA, J. B. 2005. Património geológico e geoconservação : a conservação da natureza na sua vertente geológica. Braga, Portugal: Palimage Editores, 190 p.
- BRUSCHI, V.M.; CENDRERO, A. 2005. Geosite evaluation: can we measure intangible values. *Il Quaternario*, Vol. 18, p. 293-306.
- BURNS, W.M.; JORDAN, T.E. 1999. Extension in the Southern Andes as evidenced by an Oligo-Miocene age intra-arc basin. In *Extended abstracts, Fourth International Symposium on Andean Geodynamics*, Göttingen, Alemania. p. 115-118.
- CARCAVILLA, L.; LÓPEZ, J.; DURÁN, J.J. 2007. Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación y relación con los espacios naturales protegidos, Cuadernos del Museo Geominero, 7. IGME: Madrid; 360 pp.
- CARCAVILLA, L. 2011. Perspectivas en el estudio del patrimonio geológico. In *I Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile*, Melipeuco, Chile. Actas, p. 14-17.
- CASTRO, C.; MARQUARDT, C.; ZÚÑIGA, A. 2010. Peligros naturales en geositos de interés patrimonial en la costa sur de Atacama. *Revista de geografía Norte Grande*, 21-39.

- CASTRO, C.; ZUÑIGA, A.; PATILLO, C. 2012. Geomorfología y geopatrimonio del Mar de Dunas de Atacama, Copiapó (27° S), Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 123-136.
- CENDRERO, A. 1996. El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. In *MOPTMA, El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, España.
- CHANG, A.; ARRATIA, G.; ALFARO, G. 1978. *Percichthys lonquimayi* n. sp. from the upper Paleocene of Chile (Pisces, Perciformes, Serranidae). *Journal of Paleontology*, 727-736.
- CHARRIER, R.; BAEZA, O.; ELGUETA, S.; FLYNN, J.; GANS, P.; KAY, S.; M., MUÑOZ, N.; WYSS, A.; ZURITA, E. 2002. Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33–36 SL). *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 117-139.
- CHÁVEZ, M. 2007. Fossil birds of Chile and Antarctic Peninsula. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 65, 551-572.
- CISTERNAS, M.; DÍAZ, L. 1985. Los depósitos terciarios lacustres de Lonquimay, Chile. *Zentralblatt für Geologie und Palaentologie*, 1, 1351-1362.
- CONTRERAS, P. 2013. Kütralkura, notas sobre gestión territorial para la implementación del primer Geoparque en Chile. Memoria para optar al título de Geógrafo, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.
- CORATZA, P.; GIUSTI, C. 2005. Methodological proposal for the assessment of the scientific quality of geomorphosites. *Il Quaternario*, 18, 307-313.
- CROFT, D.; RADIC, J.; ZURITA, E.; CHARRIER, R.; FLYNN, J.; WYSS, A. 2003. A Miocene toxodontid (Mammalia: Notoungulata) from the sedimentary series of the Cura-Mallín Formation, Lonquimay, Chile. *Andean Geology*, 30, 285-298.
- DE LA CRUZ, R. 1989. Turbiditas jurásicas de Lonquimay, Chile <lat -38° 30' S>: abanico submarino de tras arco. Memoria para optar al título de Geóloga, Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile.
- DE LA CRUZ, R.; SUAREZ, M. 1997. El Jurásico de la Cuenca de Neuquén en Lonquimay, Chile: Formación Nacientes del Biobío (38-39 S). *Revista Geológica de Chile*, 24,3-24.
- DURÁN, J. J. 1999. El patrimonio geológico de España: situación actual y perspectivas de futuro. In *I Simposium Transfronterizo sobre Patrimonio Natural*, 7-20.
- ELGUETA, S. 1990. Sedimentación marina y paleogeografía del Terciario Superior de la Cuenca de Temuco, Chile. In *Simposio sobre el Terciario en Chile*, Concepción, Chile. p. 85-96.

- ELÍZAGA, E.; PALACIO, J. 1996. Valoración de puntos y/o lugares de interés geológico. In Cendrero, A. (ed.), *El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 61-79.
- FENNER, R. 1933. Informe sobre esquistos betuminosos de Lonquimay. *Ministerio de Fomento, Departamento de Minas y Petróleo, Boletín*, Vol. 3, N° 24, 227-240.
- FERNÁNDEZ, H.; MARÍN, D. 2009. Geología para el ordenamiento territorial del área de Antofagasta, región de Antofagasta. *SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental*, No , 70 p., 7 mapas escala 1:50.000, Santiago.
- GARCÍA MORABITO, E.; FOLGUERA, A. 2005. El alto de Copahue-Pino Hachado y la fosa de Loncopué: un comportamiento tectónico episódico, Andes neuquinos (37°-39°S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60, 742-761.
- GARCÍA-CORTÉS, A.; CARCAVILLA, L. 2009. Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG), version 12. Instituto Geológico y Minero de España, 1-61. <www.igme.es/internet/patrimonio> [consulta: 15 mayo 2013].
- GARDEWEG, P.; MORENO, R.; NARANJO, S.; ANTONIO, J. 1990. Comportamiento del volcán Lonquimay en su base eruptiva 1988-1990 y su influencia en el medio ambiente. *ONEMI, SERNAGEOMIN*: 100 p., il., fotos, Santiago.
- GUILLÉN MONDEJAR, F.; DEL RAMO, A. 2004. Conclusiones y recomendaciones de la V Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España. In *El Patrimonio Geológico: Cultura, Turismo y Medio Ambiente*. Universidad de Murcia, España.
- JORDAN, T.; BURNS, W.; VEIGA, R.; PÁNGARO, F. 2001. Extension and basin formation in the southern Andes caused by increases convergence rate: a Mid-Cenozoic trigger for the Andes. *Tectonics*, 20, 308-324.
- JOYCE, E. 2010. Australia's geoh heritage: history of study, a new inventory of geosites and applications to geotourism and geoparks. *Geoheritage*, 2, 39-56.
- Ley N°17288, de Monumentos Nacionales. Ministerio de Educación, Chile.
- MARDONES, R. 2012. Valoración de potenciales geositos en el Campo Volcánico Pali Aike, XII región de Magallanes y de la Antártida chilena, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- MARSHALL, L.; SALINAS, P.; SUÁREZ, M. 1990. *Astrapotherium* sp. (Mammalia, Astrapotheriidae) from Miocene strata along the Quepuca River, central Chile. *Revista Geológica de Chile*, 17, 215-223.

- MARTÍNEZ, P. 2010. Identificación, caracterización y cuantificación de geositos, para la creación del I Geoparque en Chile, en torno al Parque Nacional Conguillío. Memoria para optar al título de Geóloga, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- MINISTERIO DE BIENES NACIONALES. 2006. Valles de la Araucanía: del Cautín al Ránquil. Guía Ruta Patrimonial N°28, Ministerio de Bienes Nacionales. <http://old.bienes.cl/sitioweb2009/recursos/nuevas_rutas/docs/28.pdf> [consulta: 15 mayo 2013].
- MORENO, H.; GARDEWEG, M. 1989. La erupción reciente en el Complejo Volcánico Lonquimay (diciembre 1988), andes del sur. *Revista Geológica de Chile*, 16, 93-117.
- MORENO, H.; NARANJO, J. 1991. Síntesis geológica del volcán Llaima. Andes del Sur (38°45'S) e implicancias de riesgos. In VI Congreso Geológico Chileno, Viña del Mar, Chile. Actas, Vol. 6, p. 386-389.
- MOURGUES, A. 2009. Sitios de interés geopatrimonial en Antofagasta. In *SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental*, No , 70 p., 7 mapas escala 1:50.000, Santiago.
- MOURGUES, A.; SCHILLING, M.; CASTRO, C. 2012. Propuesta de definición de los Contextos Geológicos Chilenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional. In *XIII Congreso Geológico Chileno*, Antofagasta, Chile. T10, p. 887-889.
- MUÑOZ, J.; STERN, C. 1985. El complejo volcánico Pino Hachado en el sector noroccidental de la Patagonia (38-39° S): Volcanismo Plio-Cuaternario tras-arco en Sudamérica. In *IV Congreso Geológico Chileno*, Antofagasta, Chile. Actas, 3, 381-412.
- MUÑOZ, J.; STERN, C. 1988. The Quaternary volcanic belt of the southern continental margin of South America: transverse structural and petrochemical variations across the segment between 38 S and 39 S. *Journal of South American Earth Sciences*, 1, 147-161.
- MUÑOZ, J.; STERN, C. 1989. Alkaline magmatism within the segment 38–39 S of the Plio-Quaternary volcanic belt of the southern South American continental margin. *Journal of Geophysical Research*, 94, 4545-4560.
- MUÑOZ, J.; TRONCOSO, R.; DUHART, P.; CRIGNOLA, P.; FARMER, L.; STERN, C. 2000. The relation of the mid-Tertiary coastal magmatic belt in south-central Chile to the late Oligocene increase in plate convergence rate. *Andean Geology*, 27, 177-203.
- NARANJO, J.; MORENO, H.; EMPARAN, C.; MURPHY, M. 1993. Volcanismo explosivo reciente en la caldera del volcán Sollipulli, Andes del Sur (39° S). *Revista Geológica de Chile*, 20, 167-191.
- NARANJO, J.; MORENO, H.; GARDEWEG, M. 1991. Erupción de 1989-1990 del volcán Lonquimay, Andes del sur (38°20'S). In *VI Congreso Geológico Chileno*, Viña del Mar, Chile. Actas, Vol. 1, p. 445-448.

- NIEMEYER, H.; MUÑOZ, J. 1983. Geología de la Hoja Laguna de La Laja, Región del Biobío. *IIG, Carta Geológica de Chile (n.57)*: 52 p., il., 1 mapa escala 1:250.000, Santiago.
- PALMA-HELDT, S. 1983. Estudio palinológico del Terciario sedimentario de Lonquimay, provincia de Malleco, Chile. *Revista Geológica de Chile*, N°18, 55-75.
- PALMA-HELDT, S.; RONDANELLI, M. 1990. Registro de improntas del Terciario del sector Cerro Rucañanco, Lonquimay, Chile. In *Simposio sobre el Terciario de Chile*, Concepción, Chile. p. 335-342.
- PALMA-HELDT, S., RUBILAR, A. & WALL, R. 1994. Consideraciones paleoambientales y paleoclimáticas durante el Mioceno en la Formación Cura-Mallín, 37°-39°S, Chile. In *VII Congreso Geológico Chileno*, Concepción, Chile.
- PANIZZA, M. 1999. Geomorphological assets: concepts, methods and examples of survey. In *Barettino, D.; Vallejos, M.; Gallego, E. Towards the balanced management and conservation of the geological heritage in the new Millennium*. Madrid, España. p. 125-128.
- PEREIRA, R. G. F. D. A. 2010. Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil). Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias. Universidad do Minho, Braga, Portugal. 317 p.
- PÉREZ, Y.; MILOVIC, J.; TRONCOSO, R.; HANISCH, J.; HELMS, F.; TOLOCZYKI, M. 2003. Geología para el ordenamiento territorial, área de Osorno, región de Los Lagos. *SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental (n.6)*: 65 p., fot. col; 7 mapas pleg en bolsillo, escala 1:100.000, Santiago.
- 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). In *XV Congreso Geológico Argentino*, El Calafate, Argentina. p. 233-237.
- RUBILAR, A. 1992. Peces fósiles del Terciario continental (Mioceno) de la Formación Cura-Mallín, sector centralsur de Chile. Tesis para optar al título de Magíster (Inédito). Universidad de Concepción, Chile. 1, Escuela de Graduados.
- RUBILAR, A. 1994. Diversidad ictiológica en depósitos continentales miocenos de la Formación Cura-Mallín, Chile (37-39 S): implicancias paleogeográficas. *Revista Geológica de Chile*, 21, 3-29.
- RUBILAR, A. 2008. Paleontología, patrimonio paleontológico y sus vínculos con la Biología y Geología. In *I Simposio Paleontología en Chile*, Santiago, Chile. p. 3-9.
- RUBILAR, A.; ABAD, E. 1990. *Percichthys Sylvaniae* sp. nov. del terciario de los Andes Sur-Centrales de Chile (Pisces, Perciformes, Percichthyidae). *Revista Geológica de Chile*, 17, 197-204.

- RUBILAR, A.; WALL, R. 1990. Primer registro en Chile de Siluriformes (Pisces, Ostariophysii) procedente del Mioceno de Lonquimay. In *Simposio sobre el Terciario de Chile*, Concepción, Chile. p. 275-284.
- RUBILAR-ROGERS, D.; OTERO, R.; YURY-YÁÑEZ, R.; VARGAS, A.; GUTSTEIN, C. 2012. An overview of the dinosaur fossil record from Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, 37, 242–255.
- SCHILLING, M.; BASUALTO, D.; GUERRERO, I.; TORO, K.; DÍAZ, P.; BÓRQUEZ, J. 2011. Exploradores del volcán Llaima Proyecto Explora –CONICYT (ED15/033). In *I Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile*, Melipeuco, Chile. Actas, p. 143-146.
- SCHILLING, M.; BASUALTO, D.; GUERRERO, I.; TORO, K.; CLAVES, P. 2012. Exploradores del volcán Llaima. In *II Encuentro Nacional de Divulgadores de Ciencia y Tecnología*, Coronel, Chile. Resúmenes extendidos, p. 39-42.
- SERNATUR. 2008. Turismo y Paisaje. Una aproximación al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. *Documento Preliminar de Trabajo*. 32 p., anexos.
- SUÁREZ, M.; EMPARAN, C.; WALL, R.; SALINAS, P.; MARSHALL, L.; RUBILAR, A. 1990. Estratigrafía y vertebrados fósiles del Mioceno del Alto Biobío, Chile central (38-39 S). In *Simposio sobre el Terciario de Chile*, Concepción, Chile. No. 2, p. 311-324.
- SUÁREZ, M.; EMPARAN, C. 1995. The stratigraphy, geochronology and paleophysiography of a Miocene fresh-water interarc basin, southern Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, 8, 17-31.
- SUÁREZ, M.; EMPARAN, C. 1997. Hoja Curacautín, regiones de la Araucanía y del Bío Bío. *SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile (n.71): 105 p., 1 mapa pleg. col, escala 1:250.000. Santiago.*
- TARBUCK, E. J. & LUTGENS, F. K. 1999. Ciencias de la Tierra, una introducción a la Geología Física. Madrid, España: Ed. Prentice Hall. 686 p.
- THIELE, R.; LAHSEN, A.; MORENO, H.; VARELA, J.; VERGARA, M.; MUNIZAGA, F. 1987. Estudio Geológico Regional a Escala 1: 100.000 de la Hoya superior y curso medio del río Biobío. ENDESA, Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile. Informe Inédito.
- TORRES NEGUIMAN, P. 2011. *Parque Pewenche de Quinquén: "Kiñe kume Ad künu Müley Ta kom Itrofill Ngen Ka Taiñ küpalme Felerpoy"*. Project Earth, <<http://www.projectearth.net/Project/Details/929>> [consulta: 01-03-2012].
- TRONCOSO, R.; ARENAS, M.; JARA, C.; MILOVIC, J.; PÉREZ, Y. 2007. Geología para el ordenamiento territorial, área de Temuco, región de la Araucanía. *SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental (n.11): 67 p., il, fot; 6 mapas pleg., escala 1:100.000. Santiago.*

- UNESCO, 2007. Global Geoparks Network. Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network, 10 p.
- UNESCO, 2010. Global Geoparks Network. Guidelines and criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network. <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/sc_geoparcs_2010guidelines.pdf> [consulta: 15 mayo 2013].
- VERGARA, M.; MORAGA, J.; ZENTILLI, M. 1997. Evolución termotectónica de la cuenca terciaria entre Parral y Chillán: análisis por trazas de fisión en apatitas. In *VIII Congreso Geológico Chileno*, Antofagasta, Chile. Actas, Vol. 2, p. 1,574-1,578.
- VILLALOBOS, M. 2001. Estrategias en la protección del patrimonio geológico andaluz. In *Junta de Andalucía, Consejería del Medio Ambiente. Medio Ambiente*, Sevilla, España. 37, 36-39.
- VILLALOBOS, M.; BRAGA, J.; GUIRADO, J.; PÉREZ, A. 2004. El inventario andaluz de georrecursos culturales: criterios de valoración. *De re metallica*, Madrid, España. p. 9-22.
- VOTH, A. 2008. Los geoparques y el geoturismo: nuevos conceptos de valorización de recursos patrimoniales y desarrollo regional. In *XI Coloquio Ibérico de Geografía*, Alcalá de Henares-Pastrana, España. Tercera ponencia: Dimensiones sociales y políticas del medio ambiente y la ordenación del territorio, 15 p.
- WALL, R. 1993. Sistema depositacional deltaico-lacustre en el Cerro Rucañanco, 38°38'S - 71°08'W, mioceno de Lonquimay, Chile. Memoria para optar al título de Geóloga, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción, Chile.
- WALL, R., ALVARENGA, H. M. F., MARSHALL, L. G. & SALINAS, P. 1991. Hallazgo del primer ave fósil del Terciario de Chile: un ánade (Pelecaniformes; Anhingidae), preservado en un ambiente deltaico-fluvial del Mioceno del Lonquimay, Región de la Araucanía, Chile. In *VI Congreso Geológico Chileno*, Viña del Mar, Chile. 394-397.
- WIMBLEDON, W.; ISHCHEKNO, A.; GERASIMENKO, N.; KARIS, L.; SUOMINEN, V.; JOHANSSON, C.; FREDEN, C. 2000. Geosites, an IUGS initiative: science supported by conservation. *Barettino, D. et al. (eds)*, 69-94.
- ZOUROS, N.; MC KEEVER, P. 2004. The European Geoparks Network. Geological heritage protection and local. *Episodes*, 27/3, 165-171.

8. ANEXOS

ANEXO A: DECLARACIÓN DE ARARIPE

Entre los días 17 y 19 de Noviembre de 2010, se organizó en el Geopark Araripe (Brasil) la 1ª Conferencia Latinoamericana y Caribeña de Geoparques (LAC), con el apoyo de la UNESCO y la asistencia de 250 delegados y representantes de diversos países y continentes.

Como resultado de los encuentros y discusiones efectuadas en el transcurso de este evento, fue adoptada por los participantes la Declaración de Araripe, como sigue a continuación:

1. Los Geoparques desarrollados bajo el apoyo de la UNESCO constituyen los nuevos territorios del siglo XXI. La filosofía y visión de estos territorios, donde la conservación, valorización y educación sobre el Patrimonio Geológico – la memoria de la Tierra –, el Patrimonio natural y el Patrimonio Cultural tangible e intangible, se encuentran al servicio de un desarrollo sustentable y corresponden a una necesidad y a una preocupación de los pueblos de la región continental de América Latina y el Caribe.
2. Estos países deben esforzarse en pro de la creación y el desarrollo de Geoparques valorizando sus realidades, basada sobre una de las mayores biodiversidades del mundo y una amplia y diversificada historia geológica, que pueden ser descubiertas a través de sitios excepcionales, de larga historia y memoria humana, conservadas, entre otros, gracias a la presencia de los pueblos indígenas, transmitiendo de esta forma una visión holística de la relación entre la Tierra y sus habitantes a través del rescate de su identidad.
3. Los proyectos de creación de Geoparques apenas podrán tener sentido y éxito con la participación efectiva de todos sin excepción. La definición de los diferentes elementos patrimoniales de un territorio, sus intereses y sus necesidades de uso, conservación y valorización, deben ser resultado del trabajo de equipos científicos multidisciplinarios (geólogos, paleontólogos, biólogos, educadores, etnólogos, historiadores, economistas, gestores, etc.). Las políticas de desarrollo sustentable han de ser producto de la reflexión de equipos pluridisciplinarios en los cuales se incluyan a autoridades en todos los niveles, representantes de la comunidad local y miembros de la sociedad en general.
4. Una de las singularidades y riqueza humana de nuestra región continental es la presencia de pueblos indígenas. Éstas tienen consagrado su derecho a la libre determinación. Se asumen como el espejo del mundo natural en el que viven y poseen conocimientos tradicionales y derechos de protección del conocimiento sobre las plantas, destacando el desarrollo de las hierbas medicinales, los animales, paisajes, rocas y minerales. Esta relación ética, espiritual y sagrada con la naturaleza debe ser entendida como un valor adicional inestimable para todos los proyectos de Geoparques en América Latina y el Caribe.
5. El desarrollo sustentable en un Geoparque no significa necesariamente una apuesta turística ni la apertura de territorios naturales sensibles a un turismo de masas. Representa sí, un turismo

consciente, responsable e independiente. Un Geoparque debe ser un verdadero territorio de ideas y proyectos y su estrategia de desarrollo sustentable debe ser innovadora, ponderada, integradora y respetuosa de las tradiciones y voluntades locales y debe proporcionar igualdad entre su población. Además de eso, la creación de una marca para los productos del territorio del Geoparque, basada en un conjunto de especificaciones de calidad, deberá constituir un elemento importante de su desarrollo económico.

6. Los Geoparques representan el estandarte de un territorio de alta calidad que apenas puede ser obtenido con un trabajo en red a nivel local, nacional, regional y mundial. Este permitirá el desarrollo de instrumentos de cooperación regional y global a través del intercambio de experiencias y prácticas de gestión entre Geoparques y la propuesta de múltiples acciones de formación tanto de los actores socio-económicos del territorio como de los futuros gestores de los nuevos proyectos de Geoparques.

7. El Gobierno del Estado de Ceará, creador, junto con la Universidad Regional de Cariri, del primer Geoparque de América Latina y el Caribe, con el apoyo del Gobierno Federal de Brasil, se compromete en esta declaración a movilizar los medios humanos, tecnológicos y económicos para apoyar y facilitar el desarrollo de proyectos de Geoparques en esta región, antecediendo así a la creación de una futura Red Latinoamericana y Caribeña de Geoparques.

Suscrita en el Geoparque Araripe (Ceará, Brasil) el día 19 de Noviembre de 2010.

ANEXO B: DECLARACIÓN DE MELIPEUCO

I - Versión en Español

DECLARACIÓN DE MELIPEUCO

1.- El proyecto Geoparque se desarrollará apoyándose sobre los componentes de su población local y, en particular, sobre la comunidad Mapuche.

2.- La reafirmación de la lengua, cultura, tradición y prácticas de la comunidad Mapuche permitirá a este territorio adquirir una identidad única a nivel nacional e internacional, identidad indispensable para el desarrollo sostenible, integrado y razonado de esta zona.

3.- Considerando que este territorio posee valores patrimoniales excepcionales de carácter geológico, natural y cultural, y una larga presencia de la comunidad Mapuche, el Geoparque se compromete a que todo el material impreso relativo al geoparque (paneles, folletos, entre otros) llevarán como mínimo los dos idiomas, Español y Mapudungun, procurándose la utilización de materiales reciclados.

4.- En su valorización y equipamientos el Geoparque se compromete a considerar, valorizar y conservar los sitios culturales y sagrados de la comunidad Mapuche en acuerdo con las necesidades de esta comunidad.

5.- El Geoparque será particularmente vigilante de la defensa de la integridad de los paisajes excepcionales de su territorio. Por tanto, buscará un trabajo asociativo y la articulación de instituciones públicas y privadas que fortalezcan el capital humano y el tejido productivo local (fortalecimiento del CESCO comunal), de tal manera de promover el desarrollo sustentable del territorio.

6.- El Geoparque, junto con su misión de educación, conservación y valorización de su patrimonio geológico, natural, cultural, y humano, asumirá una clara función de desarrollo económico sostenible. Este desarrollo debe ser pensado de forma integrada y progresiva apoyándose sobre el desarrollo de un Geoturismo sostenible, así como sobre la creación de una marca específica de productos locales valorizando las prácticas y conocimientos de los actores rurales del territorio.

7.- La constitución del futuro Geoparque, con la participación de la comunidad Mapuche, como de los otros componentes de su población, resultará de un amplio diálogo participativo, evitando toda exclusión para que su futuro sea una verdadera visión territorial y común, portadora de esperanza, conciliación y de mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

Las comunas de Melipeuco, Vilcún, Curacautín y Lonquimay, junto con el Gobierno Regional de La Araucanía, el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), la Secretaría Regional Ministerial de Medioambiente, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y la Comunidad Mapuche, se comprometen a actuar juntos en torno al Geoparque, y apoyar con los medios y recursos humanos, técnicos y financieros para el buen cumplimiento del proyecto

Geoparque en el territorio andino de la Araucanía, sujetándose a la disponibilidad presupuestaria, las exigencias legales y convenios internacionales vigentes.

Firmada el día 13 de Abril de 2011 en el marco del I Simposio de Geoparques y Geoturismo en Chile, en Melipeuco, Región de Araucanía, con el patrocinio de la Red Global de Geoparques que promueve la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura (UNESCO).

II - Versión en Mapudungun

Nota: En este trabajo de traducción participaron don José Relmucao, la señora María Calfuman N., Carlos Melillan M. y Marta Lefimil C.

MELIPEWÜNKO TAÑI FEYPIN

1. Tüfachi azaelchi küzaw kejentukülealu, (SERNAGEOMIN) ka kom che mülelu tüfachi xokiñ Mapu mew, ülmenkülelu wariarukalofmew, Melipewünko, Fijküñ, Kürakawtin ka Lonkimay, ka pu mapuche anülelu tüfachi wichuke lof mew, ñi pial egün.
2. Kom tüfachi mapuche kimün kejentuküay, kom tüfachi xokiñ mapumew tañi nieael kiñe küme üy, tañi küme kimniegeael fijmapu püle. Femgechi tañi kimgeael ka tañi üytugeael, ka tañi tukulpageael ka tañi küme amuael tañi küzaw, ka tañi zugu, ka tañi falintuküñmageael tañi feypin, kom tüfachi xokiñ mapumew.
3. Kimniegelu kay tüfachi Mapu, fenxen falinke fijmogen gelu wülnielu ta tüfachi Mapu, pepeelchi ka pepenoelchi mogen, ka pu mapuche ñi kuyfike mülen, tüfachi pu ülmen akülu, ayipalu tüfachi Mapu, wirintuküy papil mew, tañi yampayaetew, ka tañi che xokipayaetew, femgechi, epu rume kimün mew wirintuküleay chem küzaw rume xipale.
4. Kom femgechi tañi amulen tañi küzaw fuxake mawizantu, xokituygün tañi zoy yamnierpuael (se comprometen), gijatuwe gepe, eltüngepe, xayenko gepe, menoko gepe, lewfü gepe, mawiza gepe, Zeqiñgepe, kom ta üytupeel pu mapuche tañi jejipun mew.
5. Ka feypi egün ta ixokom ñi iñkaniegeael tañi küme feleael, ñi poyegeael, pekankamekenoael tüfachi lof mapumew, fij püle kintugeay kejun tañi küme nentuael küzaw, femgechi ta kiñeno rume ñi inalkiawnoael tañi küme pepikawael ñi küme feleam kom tüfachi xokiñ mapumew.
6. Ka feypi egün ñi kejuafiel ta pu che tañi kimael, tañi chilkatuael, ka yamafiel fij mapuche tañi yampeel, tañi mogeltuwküleal.(desarrollo economico sostenible) Tüfachi küzaw tañi ñamnoael, ñochikechi tañi amuael tañi küme felen. Chumgechi chilkatukey kiñe küme elzugu tawinka, femgechi ta nentuael tañi zewmael kom tüfachi lof mapumew.
7. Tüfachi küzaw küme xipayay ixokom kejentuküwliyin, ineynorume kiñepüle xipalayay, femgechi, ka antü ixokom leliayiñ ayiwünkechi tañi lofmapu, kiñe felenmu reke, feymew ta, chumkünuyami am tami küme felen, afmatufali tami mogen pigePAYAYMI, ramtugePAYAYMI.

Tüfachi azaelchi küzaw, kejuntukülealu, meli pigechi xokiñlofmapu Melipewünko, Filkuñ, Kürakawtin ka Lonkimay. Ka konküley fey ti Gobierno Regional de la Araucania, mülumapu ñi lofmew , ka ti Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN pigechi üytunzugu , ka ti Corporación nacional Forestal CONAF, pigechi üytunzugu, ka ti Servicio Nacional de Turismo, (SERNATUR) pigechi kimmapupelu üytunzugu, ka ti Secretaría Regional Ministerial de Medioambiente, pigechi üytunzugu, ka ti Corporación Regional de Fomento (CORFO) pigechi üytunzugu, ka inchiñ pu mapuche mülenmü tüfachi meli lofxokiñ mapu. Kom tüfachi zugumew kejukonküley ta kanpüle mülechi kamapuxawükelu pu ülmen UNESCO, pigechiruka. Femgechi kom pu che mülepalu tüfachi xawün mew, eluwi, ka elkünüy zugu, wirintuküy papil mew, tañi küme küzawal, ka tañi yamawal welukonkechi , kom tüfachi zugumew tañi küme wechurpuael tüfachi küzaw, tañi zoy küme kimgeael, ka tañi zoy küme yamgeael tati Fuxake Mawizantumapu, Geoparque, pigechi üytunzugu, tufa mew, territorio andino de la Araucania, MülüMapunche ñi lof mew.

Tüfachi elzugu elkünüayin fachi-antü rakizuamekefilu kom inchiñ tati “Fuxake Mawizantumapu Kuxalküra, (Mülumapu ñilofmew, Chile pigechi mapumew), fachantü mariküla antü, konchi küyen, epuwaranka marikiñe xipantü. (13 de Abril 2011).

ANEXO C: SOBRE LA CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE

La ‘calidad visual’ del paisaje es uno de los parámetros de valoración donde la componente subjetiva alcanza su mayor nivel, ya que su evaluación suele depender muchas veces del observador y de la situación. A pesar de esto, la experiencia muestra que existen lugares que poseen un valor estético para la mayoría de la población, y otros que no. Esto induce a pensar que, efectivamente, existen ciertas características que influyen en la componente estética de un determinado sitio. Este tema ha sido abordado por algunos autores en el marco de estudios de paisaje, a partir de lo cual se han planteado consideraciones que podrían ser un aporte en el campo de los estudios de geopatrimonio.

Existen distintas metodologías para la evaluación de la calidad visual del paisaje, las cuales suelen incluir sistemas de atenuación de la subjetividad. Estos sistemas se pueden basar en dinámicas de grupos y/o en la definición de componentes y criterios para la valoración (Carcavilla *et al.* 2007; SERNATUR, 2008). Uno de los métodos más utilizados en nuestro país es el de Rojas y Kong (1998), que se basa en la valoración del paisaje a partir de los componentes específicos que lo conforman. Dichos componentes se resumen en la tabla C.1, y son los que fueron considerados en el presente trabajo para la asignación de puntaje al parámetro N°17 ‘calidad visual’ (tablas 3.2 y 3.3).

Cabe destacar que, para una evaluación sistemática de la calidad visual del paisaje, los componentes de Rojas y Kong (1998) deben surgir a partir de un estudio de mayor envergadura, realizado por profesionales del área, y que suele incluir el análisis espacial del paisaje y la elaboración de un inventario de recursos. Una vez identificados, estos elementos se utilizan como base para evaluar la calidad y fragilidad visual del paisaje, así como para identificar las zonas de mayor sensibilidad.

La realización de un estudio de tales características, sin embargo, no forma parte de los objetivos del presente trabajo, por lo que el valor asignado a la calidad visual debe ser entendido sólo como un índice de referencia para efectos de la estimación del interés turístico-recreativo de los sitios. Para obtener tal valor de referencia, se consideraron los componentes de la tabla C.1, asignándole a cada uno de ellos un puntaje que varía entre 1 y 3. Luego se utilizó el promedio simple de los puntajes asignados para obtener la calidad visual del paisaje, de la manera que se detalla en la tabla C.2.

Tabla C.1. Componentes y criterios propuestos por Rojas y Kong (1998) para la calidad visual del paisaje. Se asignaron los siguientes valores a cada componente: 1 - Calidad visual baja, 2 – Calidad visual media, 3 – Calidad visual alta.

ELEMENTO VALORADO	Calidad visual alta	Calidad visual media	Calidad visual baja
Morfología o topografía	Pendiente de más de un 30%, estructuras morfológicas muy modeladas y de rasgos dominantes y fuertes contrastes cromáticos. Afloramientos rocosos.	Pendientes entre 15 y 30%, estructura morfológica de modelado suave u ondulado.	Pendientes entre 0 y 15%, dominancia del plano horizontal visualizando ausencia de estructuras de contraste y jerarquía.
Fauna	Presencia de fauna nativa permanente. Áreas de nidificación, reproducción y alimentación.	Presencia de fauna nativa esporádica dentro de la unidad, sin relevancia visual, presencia de animales domésticos (ganado).	No hay presencia de fauna nativa. Sobre pastoreo o crianza masiva de animales domésticos.
Vegetación	Presencia de masas vegetales de alta dominancia. Alto porcentaje de especies nativas, diversidad de estratos y contrastes cromáticos.	Presencia de vegetación con baja estratificación de especies. Presencia de vegetación alóctona. Masas arbóreas aisladas de baja dominancia visual.	Vegetación con un cubrimiento de suelo bajo el 50%. Presencia de áreas con erosión sin vegetación. Dominancia de vegetación herbácea, ausencia de vegetación nativa.
Formas de agua	Presencia de cuerpos de agua, con significancia en la estructura global del paisaje.	Presencia de cuerpo de agua, pero sin jerarquía visual.	Ausencia de cuerpos de agua.
Acción antrópica	Libre de actuaciones antrópicas estéticamente no deseadas.	La calidad escénica está modificada por menor grado por obras, no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad visual del paisaje.
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia e incrementa el área evaluada. Presencia de vistas y proyecciones visuales de alta significancia visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad estética del área evaluada.	El paisaje circundante no ejerce influencia visual al área evaluada
Variabilidad cromática	Combinaciones de color intensas y variadas. contrastes evidentes entre suelo, vegetación, roca y agua.	Alguna variedad e intensidad en color y contrastes del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores homogéneos o continuos.
Singularidad o rareza	Paisaje único, con riqueza de elementos singulares.	Característico, pero similar a otros de la región.	Paisaje común, inexistencia de elementos únicos o singulares.

Tabla C.2. Calidad visual del paisaje, en función del valor obtenido a partir del promedio simple de los puntajes asignados a cada componente (tabla C.1).

Valor promedio	Calidad Visual
2,6 – 3,0	Alta
2,2 – 2,6	Media – Alta
1,8 – 2,2	Media
1,4 – 1,8	Baja – Media
1,0 – 1,4	Baja

ANEXO D: COORDENADAS GPS

(Datum: WGS1984, Zona: 19s)

I. POTENCIALES GEOSITIOS IDENTIFICADOS:

Nombre	Coordenada Este	Coordenada Norte
Arenas del Biobío	316972	5713457
Areniscas jurásicas de Lonquimay	298914	5740984
Azufreras de Pelehue	319505	5778660
Barra del río Miraflores	296603	5714743
Basalto de Llanquén	297514	5772402
Brechas de Lolco	292203	5778226
Cascada Alaska	289666	5735432
Coluvios cubiertos de tefra en Lonquimay	293791	5738828
Conglomerados de Liucura	319893	5720663
Cordón Fisural Oriental	278143	5750386
Cuernos del Bonipen	290305	5757175
Cuevas de Pino Solo	331262	5724767
Desembocadura del río Ñirreco	298061	5716353
Discordancias de Contraco	295920	5774988
Estero Piedras Paradas	291206	5777735
Estratos de Huenucal Ivante	302915	5714273
Estratos del Colorado	292395	5778839
Estrías pintadas de Galletué	303291	5714694
Falla Pino Solo	324372	5723777
Fallas de Tralilhue	321941	5721577
Glaciar Sierra Nevada	276877	5726467
Granodioritas de Pacunto	300498	5729963
Guijarros del cerro Rucañanco	312090	5717278
Intrusivo en el valle de Lolco	285141	5768261
Intrusivo hipabisal Mogote Pino	322104	5709991
Intrusivo La Fusta	287562	5727624
Intrusivos del valle de Lonquimay	289458	5730939
Lago Mariñanco	314084	5762567
Lago San Pedro	296591	5743146
Limonitas de Tralilhue	325160	5730387
Lutitas de Paso Paz	296265	5758492
Meseta Batea Mahuida	309129	5701246
Morrena frontal Galletué	305805	5713689

Morrena Portales	292831	5741298
Portezuelo Lengas Escritas	317111	5771491
Remoción Cerro el Calvario	294651	5739898
Salto de Pulul	316039	5766285
Salto Lonquimay	278473	5726617
Toba Balseadero Caracoles	299660	5753697
Toba Cruzada Chica	322426	5726722
Toba Piedra Blanca	324292	5720680
Toba Piedra de la Novia	323461	5726600
Valle de Mitrauquén	309596	5741332
Valle del estero Pichitralihue	333966	5728262
Vertiente termal de Coyuco	321686	5771148
Volcanitas de Lolco	288620	5775309
Volcanitas jurásicas del Biobío	297175	5755506
Yacimiento de carbón Cerro Rucamanque	301345	5743138
Zona de alteración Puertas de Cuchare	332454	5725610

II. COORDENADAS DE REFERENCIA PARA LOS PUNTOS INDICADOS EN LOS MAPAS DE LOS GEOSITIOS (FICHAS DESCRIPTIVAS):

Código	Nombre	Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte
L01	Azufreras de Pelehue	1	319505	5778660
		2	316307	5776049
L03	Coluvios cubiertos de tefra en Lonquimay	1	293791	5738828
L05	Cordón Fisural Oriental	1	278143	5750386
		2	277013	5750205
		3	274120	5748850
		4	268823	5755995
		5	272462	5754051
		6	277872	5756277
		7	279161	5750977
		8	279600	5751608
		9	279979	5752434
		10	281028	5756789
L06	Desembocadura del río Ñirreco	1	298061	5716353
		2	298077	5716081
		3	298510	5716564
		4	297339	5716557

L07	Discordancias de Contraco	1	295920	5774988
		2	296848	5774023
		3	296517	5774800
		4	296713	5774513
L08	Estratos de Huenucal Ivante	1	302915	5714273
L10	Falla Pino Solo	1	324372	5723777
		2	324362	5723569
L11	Fallas de Tralilhue	1	321941	5721577
		2	322792	5721079
L12	Glaciar Sierra Nevada	1	276877	5726467
		2	277848	5726113
		3	276849	5726934
L13	Intrusivos del valle de Lonquimay	1	289458	5730939
L14	Lago Mariñanco	1	314084	5762567
		2	315765	5758532
		3	316653	5759404
		4	314553	5760979
L15	Lago San Pedro	1	296591	5743146
		2	297464	5742818
L16	Meseta Batea Mahuida	1	309129	5701246
		2	311291	5702539
L17	Morrena Portales	1	292831	5741298
		2	292997	5741694
L18	Portezuelo Lengas Escritas	1	317111	5771491
		2	317535	5770921
		3	316386	5770890
		4	314422	5772880
L19	Salto Lonquimay	1	278473	5726617
		2	278019	5726480
		3	275924	5726365
L20	Toba Cruzada Chica	1	322426	5726722
		2	317814	5728384
		3	321219	5727580
L21	Toba Piedra de la Novia	1	323461	5726600
		2	323556	5725220
		3	323756	5727326
L23	Valle de Mitrauquén	1	309596	5741332
		2	312010	5738298

		3	312430	5737369
		4	310482	5741560
		5	309780	5741674
		6	310900	5741926
		7	311847	5743018
L24	Yacimiento de carbón Cerro Rucamanque	1	301345	5743138
		2	300311	5744308