



Universidad Nacional del Comahue  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Geología y Petróleo  
Licenciatura en Ciencias Geológicas

## **TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA EN CIENCIAS GEOLÓGICAS**

### **DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS CON POTENCIAL GEOTURÍSTICO EN LA ZONA DE VILLA PEHUENIA, NEUQUÉN**

Alumno: Franco Toscani

Directora: MSc Elsie Marcela Jurio

Codirector: Geol. Diego Decurgez



Jurado:

Dra. Ana Cecilia Dufilho

Lic. Santiago Bassani

Geol. Laura Ávila

## Resumen

El Circuito Pehuena es un recorrido turístico que une las localidades de Villa Pehuena y Moquehue, el lago Ñorquinco, y la ciudad de Aluminé. La zona posee un amplio y variado abanico de elementos geomorfológicos donde destacan las geoformas glaciales y volcánicas. Pese al rico patrimonio geomorfológico en la zona, el geoturismo es una veta aún no desarrollada por la industria turística. El presente trabajo busca dar a conocer y poner en valor estos elementos geomorfológicos con potencial turístico, así como proporcionar una herramienta para la sustentable utilización y gestión de los mismos.

Para ello se aplicó un método semicuantitativo basado en el procedimiento de los autores González Trueba y Serrano Cañadas (2008) modificado por González Amuchástegui et al. (2014). El mismo permitió obtener valores intrínsecos, añadidos y de uso y gestión para los diferentes Lugares de Interés Geomorfológico (LIG). Estos valores se utilizaron en la elaboración de mapas y gráficos que permiten realizar recomendaciones y conclusiones sobre dichos LIG.

Los datos obtenidos mostraron que existe un potencial turístico alto en cinco de los seis diferentes lugares de interés geomorfológico evaluados y un potencial turístico medio en uno de los mismos. De los valores globales (valores intrínsecos + añadidos + de uso y gestión) el más alto pertenece al LIG denominado cerro Batea Mahuida y el más bajo al denominado cueva Chenque.

En conclusión, existen múltiples elementos geomorfológicos, predominantemente de origen glaciar y volcánico, con potencial como recursos turísticos. Dicho potencial está asociado al estado de conservación, riesgos de degradación, accesibilidad, frecuentación, características intrínsecas y añadidas en los mismos. Cabe mencionar también que el conocimiento y puesta en valor de estos recursos geomorfológicos resultan elementos esenciales tanto para el desarrollo de actividades turísticas en la zona como para la correcta concientización y conservación de los mismos por parte de la sociedad.

Palabras clave: Circuito Pehuena, geoturismo, Lugares de Interés Geomorfológico, potencial turístico.

## **Abstract**

The Villa Pehuenia Circuit is a tourist route that connects the towns of Villa Pehuenia and Moquehue, Ñorquinco lake, and Aluminé city. The area has a wide and varied range of geomorphological elements where the glacial and volcanic geoforms stand out. Despite the rich geomorphological heritage in the area, geotourism is a vein not yet developed by the tourism industry. This work seeks to publicize and value these geomorphological elements with tourism potential, as well as to provide a tool for the sustainable use and management of the same.

For this, a semiquantitative method was applied based on the process of the authors González Trueba and Serrano Cañadas (2008) modified by González Amuchástegui et al. (2014). It allowed obtaining intrinsic, added and use and management values for the different Places of Geomorphological Interes. These values were used in the elaboration of maps and graphs that help to make recommendations and conclusions about these places.

The data collected showed that there is a high tourist potential in five of the six different geomorphological places of interest evaluated and an average tourist potential in one of them. Of the global values (intrinsic values + added + use and management) the highest belongs to the geomorphological place called cerro Batea Mahuida and the lowest to the so-called Chenque Cave.

In conclusion, there are multiple geomorphological elements, predominantly glaciers and volcanoes, with potential as tourist resources. That potential is associated with the state of conservation, risks of degradation, accessibility, frequentation, intrinsic and added characteristics of them. It is also worth mentioning that the knowledge and enhancement of these geomorphological resources are essential elements both for the development of tourist activities in the area and for the correct awareness and conservation of them by society

Key words: Villa Pehuenia Circuit, geotourism, Places of Geomorphological Interes, tourist potential.

*Reconocimientos y dedicatorias*

Dedicado a toda mi familia y amigos que estuvieron y formaron parte de algún modo de este proceso y etapa de mi vida. Especialmente a mi padre quien me inspiró, motivó y apoyo a alcanzar esta meta.

Quiero agradecer a mi novia por la incondicional compañía durante todas las etapas del presente trabajo. También quiero agradecer a Martin Capel, guía turístico local y encargado de la hostería Melewe en Moquehue, por ofrecerme hospedaje en la campaña de campo y por los aportes realizados en el trabajo.

Un gran agradecimiento a Elsie Jurio y Diego Decurgez, por la paciencia y todo el empeño, dedicación y esfuerzo que pusieron para orientarme en la elaboración de mi trabajo final. Ambos excelentes profesionales y personas a quienes admiro, aprecio y tuve el agrado de tener como directores del presente trabajo.

Finalmente quiero agradecer a todos los docentes que tuve el gusto de tener en la carrera de Licenciatura en Ciencias Geológicas. Grandes maestros quienes con sus diferentes estilos pedagógicos, conocimientos, emblemáticas frases y dedicación me dejaron grabadas valiosas enseñanzas académicas y de vida.

## Índice

1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico .....	3
3. Antecedentes.....	5
4. Metodología de trabajo.....	7
4.1 Documentación de los lugares de interés geomorfológico .....	8
4.2 Selección de lugares de interés geomorfológico .....	8
4.3 Recolección de datos de campo.....	9
4.4 Elaboración de fichas técnicas y descripciones.....	9
4.5 Evaluación de valores intrínsecos de los LIG .....	10
4.6 Evaluación de valores añadidos de los LIG .....	11
4.7 Evaluación de valores de uso y gestión de los LIG .....	13
4.8 Valoración global de los LIG.....	15
4.9 Síntesis y resultados obtenidos.....	16
5. Caracterización general del área de estudio .....	17
5.1 Orografía y clima .....	17
5.2 Marco geotectónico .....	18
5.3 Marco estratigráfico .....	20
5.4 Marco geomorfológico .....	22
5.5 Contexto sociocultural y turístico de Villa Pehuenia y alrededores.....	26
6. Documentación, inventario y selección de los lugares de interés geomorfológico .....	29
7. Descripción de los lugares de interés geomorfológicos.....	30
7.1 Cerro Batea Mahuida .....	30
7.2 Cerro Impodi .....	44
7.3 Cascada Impodi .....	49
7.4 Disyunciones columnares .....	53
7.5 Cueva Chenque .....	59
7.6 Roca aborregada y bloque errático .....	62
8. Resultados, recomendaciones y conclusiones.....	67
8.1 Resultados de la evaluación de los LIG.....	67
8.2 Mapa de los LIG con potencial geoturístico.....	70
8.3 Recomendaciones .....	71

8.4 Georuta propuesta .....	73
8.5 Conclusiones .....	74
9. Bibliografía.....	76
10. Anexos .....	79
10.1 Anexo 1 (Hoja Geológica 3972-II Loncopué).....	79
10.2 Anexo 2 (Hoja Geológica 3972-IV Junín de los Andes) .....	80
10.3 Anexo (fichas de descripciones LIG) .....	81
10.4 Anexo 4 (evaluaciones LIG) .....	87

## 1. Introducción

En las últimas tres décadas en Europa, principalmente en España, ha comenzado a desarrollarse una visión más amplia y contemplativa de los elementos o recursos abióticos, de carácter geológico, como parte del patrimonio natural. De esta visión surgen estudios que permiten generar valores geomorfológicos en parques nacionales con el fin de realizar una buena gestión y conservación del patrimonio geológico presente en los mismos. Según González Trueba y Serrano Cañadas (2008) en los años '90 muchos de los parques naturales de valor esencialmente geomorfológico fueron declarados Espacios Naturales Protegidos (ENP). Ejemplo de estos son el Área Volcánica de la Garrotxa en Cataluña o el Monumento Natural de Ojo Guareña en León y Castilla, donde lo que resalta son aquellos valores atribuidos a características geomorfológicas.

Pese a los nuevos puntos de vista sobre el patrimonio natural, actualmente siguen siendo las especies biológicas o factores bióticos los que juegan un rol principal a la hora de planificar la gestión y conservación de espacios naturales. Los elementos geológicos y más específicamente geomorfológicos son poco contemplados como parte del soporte vital o infraestructuras de dichos ecosistemas, sino que son muchas veces considerados un elemento marginal o adicional. Sin embargo, dichos elementos abióticos cumplen un rol fundamental como componentes naturales en los ecosistemas; funcionan como el soporte vital de aquellos elementos biológicos que justifican la protección de un área natural.

Ibañez Palacios et al. (2018) comentan que la República Argentina dispone de una importante extensión longitudinal y latitudinal; dicha característica la hace poseedora de una amplia variabilidad climática, geográfica y de biomas. Esta variabilidad resulta en una amplia gama de paisajes producto de procesos geológicos y geomorfológicos que tienen lugar desde hace millones de años. Estos componentes abióticos representan en los diferentes paisajes hitos importantes de la historia geológica del planeta y forman parte del patrimonio natural de nuestro territorio.

Pese a tener un país enriquecido en el patrimonio geológico, es escasa la conciencia social y sentido de pertenencia que se tiene del mismo. Son muy pocos los estudios y proyectos destinados específicamente a la valoración, protección y gestión de los lugares de interés geológico y geomorfológico, puesto que son pocas las instituciones y profesionales dedicados a la temática.

De esta problemática surge la necesidad de estudiar y divulgar aquellos recursos geomorfológicos de alto potencial turístico, con el fin de valorar, gestionar, proteger y conservar estos espacios naturales de alto valor científico, didáctico y cultural. La rama de la geología enfocada a realizar esta sustancial tarea es el geoturismo. Es esencial la implementación de metodologías destinadas a conocer el patrimonio geomorfológico desde un punto de vista científico, cultural y estético. De esta forma se busca dar a conocer, conservar, utilizar y gestionar de forma sustentable ese patrimonio de un área natural.

El presente trabajo se desarrolla en parte del recorrido denominado turísticamente como Circuito Pehuenia (Fig.1.1), y comprende las regiones que bordean los lagos Aluminé, Moquehue y Ñorquinco. Dicha área se encuentra al oeste de la provincia del Neuquén (Argentina), departamento Aluminé, en la localidad de Villa Pehuenia y zonas cercanas, a aproximadamente 314 km de la ciudad de Neuquén Capital. Se puede acceder a la misma por ruta provincial 13, que pasa por la ciudad de Zapala, o por la ruta provincial 23 que pasa por la localidad de Aluminé.

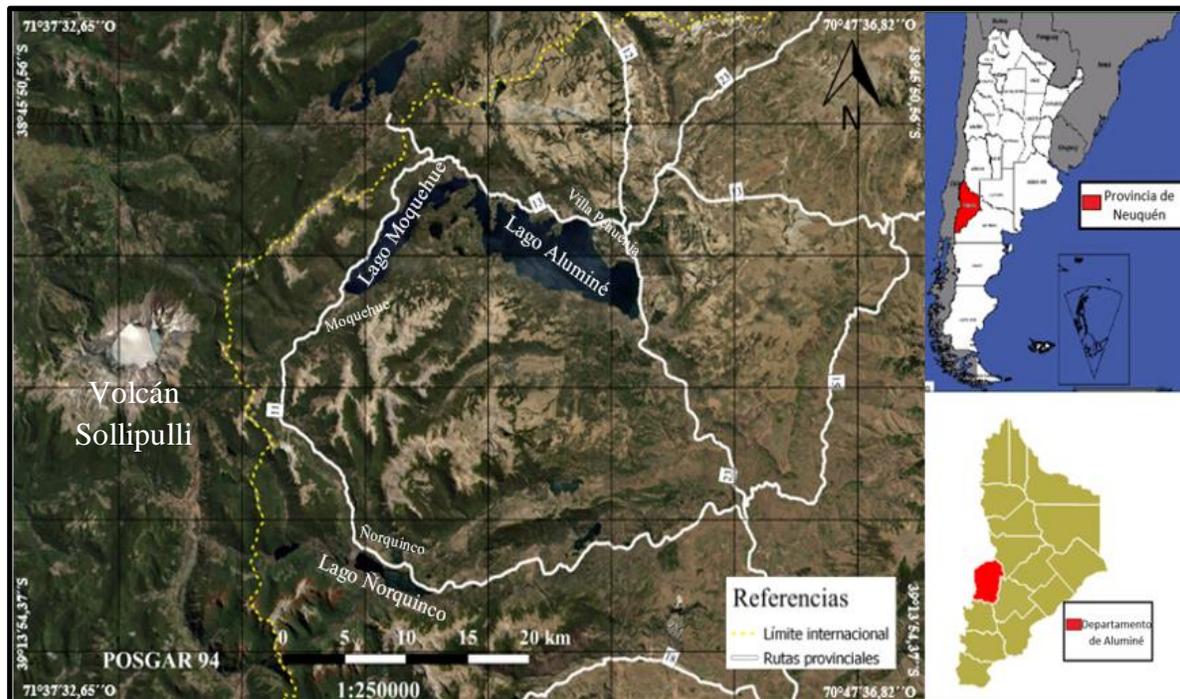


Fig.1.1 Ubicación del área de estudio con imágenes satelitales de Qgis y mapas de la provincia del Neuquén y la República Argentina.

En esta zona se encuentran múltiples elementos geológicos y geomorfológicos, algunos con elevado potencial como recursos geoturísticos. Sería ideal poder hacer uso de los mismos, sin embargo, no todos poseen potencial para la explotación turística. De aquí surge el interés de inventariarlos y valorarlos, con el fin de realizar un correcto uso y gestión.

En el presente trabajo se realiza la caracterización e interpretación de elementos geomorfológicos y por otro lado se valoran los diferentes Lugares de Interés Geomorfológico (LIG) destinados a la actividad turística. Dichas tareas se elaboraron con una metodología basada en los métodos propuestos por González Trueba y Serrano Cañadas (2008) y modificado por González Amuchástegui et al. (2014).

Es importante aclarar que los presentes estudios tienen como finalidad fomentar y brindar una herramienta para la sustentable utilización y gestión de recursos geológicos/geomorfológicos como elementos turísticos en la región de Villa Pehuenia, específicamente para los meses comprendidos entre Septiembre y Mayo, ya que el régimen de nevadas y condiciones climáticas no permite hacerlo en temporada invernal.

## 2. Marco Teórico

El concepto de geoturismo es reciente, el mismo se remonta a 1995, siendo definido como “la provisión de recursos interpretativos y servicios para promocionar el valor y beneficio social de los lugares de interés geológico y geomorfológico, asegurar su preservación y su uso por parte de estudiantes, turistas u otro tipo de visitantes” (Hose, 1995). Desde entonces, el concepto de geoturismo ha variado en función a los múltiples enfoques que existen en la actualidad para el turismo geológico. En este trabajo se utilizará el término geoturismo desde un enfoque “geológico y científico”. Es decir, entender al geoturismo como un tipo de turismo científico, en el cual no solo se busca que los visitantes acudan a un lugar de interés geológico y geomorfológico sino además poder brindarles la información y herramientas necesarias para la correcta interpretación del origen, significado geológico y valor de dichos lugares.

Dentro de las actividades turísticas existentes, el turismo geológico puede considerarse de bajo impacto ambiental y ofrece una gran alternativa al desarrollo socioeconómico y cultural en una región. Para fomentar dicho desarrollo, es necesario realizar estudios geológicos que pongan en valor este potencial.

El geoturismo contempla diferentes tipos de patrimonio natural: paleontológico, sedimentario, estratigráfico y geomorfológico, entre otros. Este trabajo se centrará específicamente en los Lugares de Interés Geomorfológico (LIG), entendiéndose por LIG a todos aquellos elementos o lugares geomorfológicos de interés, inventariables, caracterizables y valorables desde tres puntos de vista (Serrano y González Trueba, 2005):

- Valor “científico” o intrínseco
- Valor “cultural” o añadido
- Valor de “uso y gestión”

Serrano et al. (2009) definen los Lugares de Interés Geomorfológico (LIG) como formas y asociaciones de formas de relieve de especial interés (monumental, escénico, ecológico, pedagógico o científico), esenciales en la configuración morfológica y en la dinámica y evolución de los espacios naturales. “Estos poseen especial relevancia para la comprensión del medio natural, la historia de la tierra, del clima o de la vida, e incluyen valores científicos, culturales, estéticos o socioeconómicos” (Panizza, 2001; Reynard y Panizza 2005; Serrano, et al. 2009).

A continuación se presenta un cuadro tomado de González Trueba y Serrano Cañadas (2008) (tabla 2.1) con un resumen de la terminología asociada a los LIG.

Términos	Autores y referencias	Valores y criterios de evaluación
<p><i>Geomorphological assets</i>  <i>Bienes géomorphologiques</i>  <b>Bienes geomorfológicos</b></p>	<p>Panizza y Piacente, 1994;  Quaranta, 1993.</p>	<p>La evaluación puede ser de dos tipos: estética (intuitiva y por tanto subjetiva) y científica (cuantitativa y objetiva) (Panizza y Piacente, 1993).</p>
<p><i>Geomorphological goods</i>  <i>Bienes géomorphologiques</i>  <b>Bienes geomorfológicos</b></p>	<p>Carton et al. 1994</p>	<p>Los bienes geomorfológicos son evaluados a través de cuatro tipos de atributos fundamentales: científicos, estéticos, culturales y escénicos. En el caso del valor científico se consideran cinco aspectos básicos: a) representatividad de evolución geomorfológica, b) representatividad didáctica, c) registro paleo-geográfico, 4) rareza natural, d) fundación ecológica como soporte de un ecosistema.</p>
<p><i>Geomorphological sites</i>  <i>Sites géomorphologiques</i>  <b>Sitios geomorfológicos</b></p>	<p>Hooke, 1994</p>	<p>Los sitios geomorfológicos se pueden evaluar a través de tres aspectos fundamentales: 1) por la calidad para la observación de procesos, 2) por su valor escénico y 3) por su valor ecológico.</p>
<p><i>Geomorphological geotopes</i>  <i>Géotopes géomorphologiques</i>  <b>Geotopos geomorfológicos</b></p>	<p>Grandgirard, 1995, 1997, 1999</p>	<p>Se considerarían todos aquellos elementos con un valor geomorfológico reconocido. Los geotopos deben ser catalogados en un inventario que contenga todos aquellos elementos y lugares representativos de la diversidad de relieves del área estudiada (Grandgirard, 1995).</p>
<p><i>Geotopes</i>  <i>Géotopes</i>  <b>Geotopos</b></p>	<p>Strasser et al., 1995;  Grandgirard, 1997, 1999;  Lugon y Reynard, 1003;  Reynard, 2004</p>	<p>Geotopos serían todos aquellos elementos geológicos y geomorfológicos que presentan un valor científico de interés para la comprensión de la Tierra, de los territorios y del Clima. Los geotopos permiten comprender la evolución espacio temporal de una región, la significación de los procesos superficiales y la importancia de las rocas, en tanto que elementos edificadores de paisajes (Strasser et al, 1995).</p>

<i>Sites of geomorphological interest</i> <i>Sites d'intérêt géomorphologiques</i> <b>Sitios de interés geomorfológicos</b>	Rivas et al., 1997	Estos sitios son definidos en base a su interés científico, educativo y recreacional
<i>Geomorphosites</i> <i>Géomorphosites</i> <b>Geomorfositios</b>	Panizza, 2001 Reynard, 2004	Un geomorfositio es una forma de relieve a la cual se le puede atribuir un valor. El valor puede ser de tipo científico, ecológico, cultural, estético y socioeconómico.
<i>Geomorphosites- sites of geomorphological interest</i> <i>Géomorphosites- sites d'intérêt géomorphologiques</i> <b>Lugares de Interés Geomorfológico (LIG)</b>	Serrano y González Trueba, 2005 González Trueba, 2007a	Se refiere a todos aquellos elementos o lugares geomorfológicos de interés, inventariables, caracterizables y valorables desde tres puntos de vista: 1ª) valor “científico” o intrínseco 2ª) valor “cultural” o añadido 3ª) valor de “uso y gestión”

Tabla 2.1 Tabla con resumen de los principales conceptos geomorfológicos asociados al geoturismo (González Trueba y Serrano Cañadas, 2008).

Para los fines del trabajo se pueden considerar los conceptos de LIG y geomorfositios como sinónimos.

### 3. Antecedentes

En nuestro país, en los últimos años el interés por el geoturismo y el patrimonio geológico está tomando mayor relevancia, al punto de generar una creciente participación científica e institucional en varias investigaciones y proyectos de alcance nacional.

Entre los antecedentes de trabajos destinados exclusivamente a la identificación y valoración del patrimonio geomorfológico en Argentina se encuentran los desarrollados por Mikkan (2016), y por Campo y Duval (2018). Dichos autores trabajaron basándose en la metodología de Serrano Cañadas y Trueba (2008) para la valoración y evaluación de los elementos geomorfológicos.

Según los datos recopilados en el trabajo de Miranda y Lema (2013), gran parte de las acciones de divulgación del patrimonio geológico fueron llevadas a cabo por el SEGEMAR (Servicio Geológico y Minero Argentino). Una de estas acciones fue la publicación del libro “Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. Los geólogos nos cuentan...” (CSIGA, 2008). Dicho libro, donde participaron más de 120 autores, aborda 72 sitios de interés geológico teniendo en cuenta diversos puntos de vista (volcánico, geomorfológico, stratigráfico, paleontológico, etc). El mismo fue inspirado en el proyecto “Sitios de Interés

Geológico de la República Argentina” llevado a cabo la CSIGA (Comisión de Sitios de Interés Geológico de la República Argentina) en el año 2004. Este proyecto se enfocó al público general y buscaba proporcionar datos y explicaciones geológicas didácticas sobre áreas emblemáticas en el país.

Miranda y Lema (2013) señalan que otra importante acción impulsada por la CSIGA fue la implementación de paneles temáticos asociados a aspectos geológicos en áreas naturales protegidas. Los mismos buscan ser una herramienta más para facilitar la tarea de transmitir el conocimiento científico a la sociedad. “Los paneles, en sitios que aúnan interés científico, recreativo y cultural, se han convertido en material de consulta para pobladores locales, turistas y escuelas y una eficaz herramienta para acercar al público en general a las Ciencias de la Tierra. Además resultan un complemento útil para el turismo” (Miranda y González, 2013; Miranda, 2014; Miranda, Panza, Socomani, Morosini, 2018). Dichos paneles fueron implementados en el Parque Provincial Aconcagua (Mendoza), Sitio arqueológico Cueva de las Manos (Santa Cruz), Reserva Natural Urbana General San Martín (Córdoba), Parque Histórico y Natural Vuelta de Obligado (Buenos Aires), Mirador Río Mayo (Chubut), entre otros.

Si bien en la actualidad existen legislaciones que buscan preservar el patrimonio natural como la flora, fauna, ecosistemas y restos arqueológicos y paleontológicos (Ley Nacional 25743/03 de “Protección del patrimonio arqueológico y paleontológico”); al día de la fecha no existen leyes que protejan exclusivamente el patrimonio geomorfológico, estratigráfico, sedimentario, entre otros. Los únicos recursos geológicos protegidos son aquellos que quedan dentro de áreas naturales protegidas o son definidos como Monumentos Nacionales (Ley Nacional 22.351/80).

El área de trabajo ha sido objeto de estudio de Danieli et al. (2011), quienes trabajaron haciendo un inventario de los sitios de interés geológico en la provincia del Neuquén, entendiéndose por sitios de interés geológico a “áreas que muestran una o varias características consideradas de importancia dentro de la historia geológica de una comarca” (Fig.3.1). En su trabajo definen a la zona de la comarca de los lagos Aluminé – Moquehue y río Litrán como uno de estos sitios de interés geológico, donde destacan principalmente rasgos de erosión y depositación glacial durante el Pleistoceno.

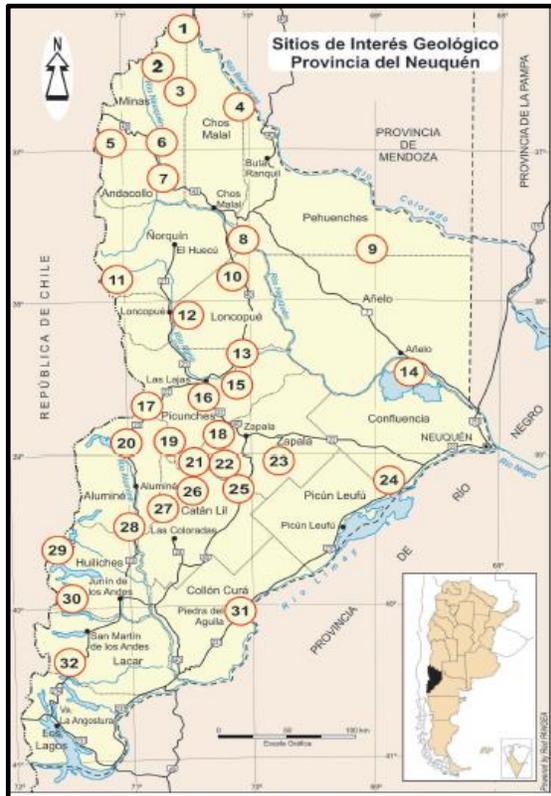


Fig.3.1. Mapa de la provincia de Neuquén con la ubicación de diferentes sitios de interés geológico propuestos (Danieli et al. 2011). El área de estudio corresponde al punto 20: Comarca de los lagos Aluminé - Moquehue y río Litrán.

#### 4. Metodología de trabajo

Este trabajo tiene como finalidad la caracterización e interpretación de elementos geomorfológicos en la región de Villa Pehuenia, así como la valoración de los diferentes LIG como elementos geoturísticos. Para dicha valoración se optó por utilizar un método centrado esencialmente en las metodologías propuestas por los autores González Trueba y Serrano Cañadas (2008) modificado por González Amuchástegui et al. (2014).

Dado que las características geológicas y sobre todo sociales y culturales presentes en el área de estudio no se ajustan a otros lugares donde ya se ha implementado este método; fue necesario realizar ciertos ajustes.

El método aplicado es del tipo semicuantitativo; es imposible ser totalmente objetivo en la valoración y evaluación de los Lugares de Interés Geomorfológico (LIG). Si se desea trabajar con un enfoque no sólo científico sino también cultural, económico, ambiental y turístico es inevitable un cierto grado de subjetividad, ya que muchas de las variables a tratar poseen valores intangibles. Por otro lado, un aumento en las variables a evaluar se traduce en una perspectiva más amplia en los resultados finales.

Una vez aplicado el método es posible obtener valores intrínsecos, añadidos, de uso y gestión para los diferentes LIG. Estos valores se utilizan en la elaboración de mapas y gráficos que permiten realizar comparaciones y evaluaciones cuantitativas entre los LIG estudiados.

Las limitaciones del método radican principalmente en el grado de subjetividad que pueda presentar, dado que parte de los parámetros evaluados poseen un carácter más cualitativo que cuantitativo. Estos parámetros se encuentran fundamentalmente asociados a aquellos valores añadidos, de uso y gestión. Sin embargo, dicha subjetividad se puede mitigar a partir de un enfoque interdisciplinario basado en el trabajo en conjunto con otros profesionales, entre ellos biólogos, antropólogos, geógrafos.

El método propuesto consta de las siguientes etapas:

- 1- *Documentación de los lugares de interés geomorfológico*
- 2- *Selección de los lugares de interés geomorfológico*
- 3- *Recolección de datos de campo*
- 4- *Elaboración de fichas técnicas y descripciones*
- 5- *Evaluación de valores intrínsecos de los LIG*
- 6- *Evaluación de valores añadidos de los LIG*
- 7- *Evaluación de valores uso y gestión de los LIG*
- 8- *Valoración global de los LIG*
- 9- *Síntesis y resultados obtenidos*

#### *4.1 Documentación de los lugares de interés geomorfológico*

Esta etapa consta de dos fases, una primera abocada a labores específicamente de gabinete y una segunda destinada a trabajo de campo. La primera fase consiste en hacer un inventario con los posibles lugares de interés geomorfológico. A partir de bibliografía y fundamentalmente con herramientas de cartografía (imágenes satelitales de Google Earth, fotografías aéreas, cartas geológicas) se determina localización y tipos de geofomas, con sus respectivas relaciones espaciales y posibles procesos formadores.

La segunda fase consiste en un viaje de campaña donde se visitan los potenciales LIG y se realizan observaciones generales, a modo de obtener datos preliminares de parámetros no solo científicos, sino principalmente aquellos caracteres añadidos y de uso y gestión, esenciales para la siguiente etapa de selección de los LIG.

#### *4.2 Selección de los lugares los de interés geomorfológico*

Esta etapa consiste en escoger los lugares de interés geomorfológico con mayor potencial turístico y geológico en base a los datos recolectados en la etapa anterior. En una primera instancia algunos de los valores añadidos y de uso y gestión son los principales a tener en cuenta dado que son parámetros de rápida y relativamente sencilla observación (estado de conservación, accesibilidad, fragilidad, paisaje y estética). En contraposición, los valores

intrínsecos (génesis, morfología, dinámica y estructuras) que requieren un estudio y análisis más detallado, no son elementos mayormente determinantes en esta etapa.

#### *4.3 Recolección de datos de campo*

Una vez seleccionados los LIG se realiza una segunda campaña de campo con el objetivo de recolectar datos y observaciones esenciales para la siguiente etapa de elaboración de fichas técnicas y descripciones. Las principales tareas realizadas en esta instancia consistieron en toma de muestras (con piqueta, martillo y cincel), datos de distancias, alturas y ubicaciones (con GPS), dimensiones de geoformas (con cinta métrica y GPS), fotografías (cámara fotográfica Nikon D3300), medición de rumbo y direcciones (brújula y GPS) y observaciones de parámetros intrínsecos, añadidos y de uso y gestión.

#### *4.4 Elaboración de fichas técnicas y descripciones*

Esta etapa del trabajo consiste en la elaboración de fichas y descripciones de atributos geomorfológicos, sociales, culturales, turísticos y ambientales que resuman las observaciones realizadas en el campo. Las fichas y descripciones buscan ser una herramienta de utilidad para la próxima valoración de los LIG (anexo 3).

La ficha debe contemplar los siguientes datos:

- Fecha de observación
- Denominación del LIG
- N° de LIG observado
- Altura y coordenadas.
- Área del LIG
- Nombre/s de observador/es.
- Fotografía representativa del lugar
- Ubicación geográfica política
- Estado de jurisdicción
- Estado de conservación del área
- Accesibilidad
- Tipo de geoformas presentes
- Observaciones y comentarios

Posterior a la elaboración de la ficha continúan unas breves descripciones geomorfológicas, culturales, turísticas y ambientales. Por un lado se busca complementar con esquemas, fotografías y textos aquellos atributos asociados al contenido geomorfológico del lugar. Algunos de dichos atributos son morfología, génesis, petrografía (descripción de muestra de mano con lupa binocular) y estructuras de las geoformas identificadas. Por otro lado, se indaga sobre posibles elementos culturales como artes rupestres, restos arqueológicos o acontecimientos pasados de rico contenido histórico que tuvieron lugar en el área estudiada.

También en la descripción del LIG es necesario hacer comentarios sobre la actual explotación turística en el mismo y su respectivo estado ambiental (posibles contaminaciones o perturbaciones en el ambiente).

Asimismo es importante no dejar de lado las posibles características o problemáticas sociales actuales, relacionadas con el uso y valoración que se da al lugar, y que puedan de alguna manera condicionar el potencial uso del lugar como recurso turístico.

#### 4.5 Evaluación de valores intrínsecos de los LIG

En esta instancia se busca valorar aquellos elementos menos subjetivos en las geoformas de los LIG. Esta etapa tiene una visión “científica” a la hora de realizar la evaluación de los respectivos parámetros. La representatividad y singularidad o rareza en los elementos geomorfológicos presentes en los LIG, son los criterios fundamentales a tener en cuenta al realizar la valoración intrínseca. Serán singulares cuando en el área estudiada sean excepcionales, mientras que son representativos cuando se trata de una forma o lugar significativa entre otras muchas de similares características existentes en el zona trabajada (Serrano et al. 2009).

Según Serrano et al. (2009) la valoración intrínseca busca analizar de forma objetiva aquellos elementos geomorfológicos fundamentales para el LIG. La misma adopta una perspectiva genética, morfológica, dinámica, estructural. Cabe destacar que esta etapa representa un componente esencial en el método, dado que es la evaluación (dentro de la triple valoración) que le otorga más objetividad a los resultados finales obtenidos.

Los posibles valores que se pueden obtener, así como los parámetros a evaluar, fueron de elección propia teniendo en consideración los antecedentes estudiados (tabla 4.5.1). Los máximos puntajes posibles para todos los parámetros fueron los mismos dado que se consideraron igual de relevantes todos los caracteres a evaluar para los LIG. El máximo puntaje que se puede obtener en la evaluación intrínseca es de 48 puntos; que surge de sumar un máximo teórico en cada uno de los parámetros a evaluar.

Tabla de evaluación de valores intrínsecos:

Identificación	Nombre:	Lugar:
Situación	Coordenadas geográficas	Altitud:
Tipo de lugar de interés geomorfológico	Lugar representativo (hace referencia a los tipos de procesos geomorfológicos representativos del LIG)	Valoración
	Génesis: de acuerdo a la representatividad, rareza y complejidad de el/los procesos geológicos involucrados.	9-12 (Alta) 4-8 (Moderada) 0-4 (Baja)
	Morfología	
	Formas de erosión: de acuerdo a número, significación representatividad y rareza.	5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)
	Formas de acumulación: de acuerdo a número, significación representatividad y rareza.	5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)

Valores Intrínsecos	Dinámica	Procesos heredados: de acuerdo a número, significación representatividad y rareza.	5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)
		Procesos actuales: de acuerdo a número, significación representatividad y rareza.	5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)
	Estructuras	Sedimentarias: de acuerdo a número, significación representatividad y rareza.	5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)
		No sedimentarias: de acuerdo a número, significación representatividad y rareza.	5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)

Tabla 4.5.1. Tabla de evaluación de valores intrínsecos.

#### 4.6 Evaluación de valores añadidos de los LIG

En esta etapa se busca realizar una evaluación de elementos paisajísticos y estéticos, culturales, didácticos, científicos, turísticos de los lugares de interés geomorfológico. La representatividad y rareza o singularidad son, al igual que en los valores intrínsecos, criterios a tener en cuenta durante la evaluación.

Los parámetros a evaluar en esta instancia son de carácter más subjetivos en relación a los elementos de valores intrínsecos. Sin embargo, los valores añadidos representan un importante pilar a la hora de realizar una correcta evaluación de los elementos geomorfológicos como recursos turísticos, dado que están estrechamente relacionados con el potencial uso que tendrán dichos elementos geomorfológicos frente a una posible divulgación.

Es necesario destacar el importante rol que cumplen aquellos parámetros de carácter cultural dentro de esta etapa. Si bien los mismos (al igual que los valores de uso y gestión) están sujetos a una evaluación más subjetiva, éstos tienen un rol esencial a la hora de determinar el potencial uso y necesidad de conservación de los LIG.

“La valoración de los contenidos culturales de los elementos geomorfológicos (históricos, etnográficos, artísticos, literarios, territoriales, paisajísticos) facilita la comprensión del territorio y una gestión adecuada para su utilización como recurso, acorde con su conservación” (Amuchastegui y Flaño, 2009).

Los posibles valores que se pueden obtener, así como los parámetros a evaluar (tabla 4.6.1), fueron de elección propia teniendo en consideración los antecedentes estudiados.

El máximo puntaje que se puede obtener en la evaluación de valores añadidos es de 48 puntos; que surge de sumar un máximo teórico en cada uno de los parámetros a evaluar.

Cabe destacar que a fin de generar más objetividad en los resultados, se le otorgó una mayor valoración a aquellos factores asociados a elementos científicos.

Es importante tener en cuenta que para una mayor precisión en la evaluación de los valores añadidos resulta indispensable el trabajo interdisciplinario con otros especialistas (ecólogos, botánicos, biólogos, guías turísticos, paisajistas, antropólogos). La objetividad en la evaluación de los valores añadidos estará intrínsecamente ligada a la colaboración en estudios y análisis de dichos especialistas.

Los resultados de esta etapa del trabajo fueron consultados al profesional Martin Capel (guía de turismo local).

Tabla de evaluación de valores añadidos:

Identificación	Nombre:		Lugar:
Situación	Coordenadas geográficas		Altitud:
Tipo de lugar de interés geomorfológico	Lugar representativo (hace referencia al carácter representativo del sitio de interés)		Valoración
Valores Añadidos	Valoración paisajística y estética: valoración totalmente cualitativa. Se recomienda la participación de varios observadores		5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)
	Elementos Culturales	Significación de elementos culturales e históricos: relevancia de elementos culturales e históricos en el lugar.	4 (Muy alta) 3 (Alta) 2 (Moderada) 1 (Baja) 0 (Nula)
		Contenido histórico y cultural: número, rareza, representatividad de elementos históricos y culturales.	4 (Muy alto) 3 (Alto) 2 (Moderado) 1 (Bajo) 0 (Nulo)
	Elementos Didácticos	Valor como recurso pedagógico: siendo mayor el puntaje cuando más fácil es su nivel de comprensión.	7-8 (Muy Alto) 5-6 (Alto) 3-4 (Moderado) 0-2 (Bajo)
		Significación científica: que tan relevante es el elemento científico en su campo de estudio.	5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)

	Elementos Científicos	Representatividad científica: que ejemplar es el elemento encontrado con respecto a otros elementos del mismo tipo.	5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)
		Rareza científica: que tan frecuente es encontrar dichos elementos en la naturaleza.	5-6 (Alta) 3-4 (Moderada) 0-2 (Baja)
	Contenido Turístico	Contenido turístico real: considerando todos los valores añadidos anteriores.	4 (Muy alto) 3 (Alto) 2 (Moderado) 1 (Bajo) 0 (Nulo)
		Atracción turística (potencial): es mayor el puntaje a mayor potencial alcance turístico.	Local 1 Provincial 2 Nacional 3 Internacional 4

Tabla 4.6.1. Tabla de evaluación de valores añadidos

#### 4.7 Evaluación de valores de uso y gestión de los LIG

Esta etapa consiste en valorar aquellos parámetros asociados a la potencial utilización y eficaz gestión del LIG como recurso turístico. Dicha valoración se basa en el estado actual territorial, desde un punto de vista antrópico y natural.

A la hora de realizar posibles planes de gestión territorial para los LIG evaluados, los valores obtenidos en esta instancia resultan indispensables. Dado que los mismos son la base o el punto de partida para poner en marcha cualquier proyecto de desarrollo turístico en el LIG.

Sin embargo, es necesario aclarar el hecho de que, al igual que en la instancia anterior, la evaluación de parámetros relacionados a uso y gestión territorial posee cierto grado de subjetividad. Por otro lado, este grado de subjetividad se puede reducir con el trabajo interdisciplinario con otros profesionales abocados al estudio del uso y gestión de espacios naturales.

Los posibles valores que se pueden obtener, así como los parámetros a evaluar (tabla 4.7.1), fueron de elección propia teniendo en consideración los antecedentes estudiados.

El máximo puntaje posible para todos los parámetros (estado de conservación, riesgo de degradación y potencial de uso) fue el mismo; se consideró igual de relevantes todos los caracteres a evaluar para los LIG.

Para la evaluación de uso y gestión el máximo puntaje a obtener es de 48 puntos; que surge de sumar un máximo teórico en cada uno de los parámetros a evaluar.

Los resultados de esta etapa del trabajo fueron consultados al profesional Martin Capel (guía de turismo local) y Amancay Cumillán (guardaparque).

Tabla de evaluación de valores uso y gestión:

Identificación	Nombre:		Lugar:	
Situación	Coordenadas geográficas		Altitud:	
Tipo de lugar de interés geomorfológico	Lugar representativo (hace referencia al carácter representativo del sitio de interés)		Valoración	
Valoración de uso y gestión	Estado de conservación del lugar por efectos antrópicos		Muy bueno 6-8 Bueno 5-6 Moderado 3-4 Malo 0-2	
	Estado de conservación de la geoforma por efectos naturales		Muy bueno 6-8 Bueno 5-6 Moderado 3-4 Malo 0-2	
	Riesgo de degradación	Factores antrópicos	Impactos: perturbaciones ambientales. Siendo mayor el puntaje mientras menores sean dichas perturbaciones.	0 (Muy alto) 1 (Alto) 2 (Moderado) 3 (Bajo) 4 (Nulo)
			Tipo e intensidad de uso: siendo mayor el puntaje con un uso menos intensivo y dañino para el lugar.	0 (Muy alto) 1 (Alto) 2 (Moderado) 3 (Bajo) 4 (Nulo)
		Factores Naturales	Amenazas externas naturales: exposición a peligros naturales que puedan degradar el lugar (erosión hídrica y eólica, actividad sísmica, entre otros). Siendo mayor el puntaje cuando menores	0 (Muy alta) 1 (Alta) 2 (Moderada) 3 (Baja) 4 (Nula)

		sean dichas amenazas	
		Propiedades intrínsecas: resistencia de los elementos geomorfológicos a ser degradados. Siendo mayor el puntaje cuando mayor sea dicha resistencia.	4 (Muy alta) 3 (Alta) 2 (Moderada) 1 (Baja) 0 (Nula)
	Potencial de uso	Accesibilidad: mientras más accesible para los visitantes (rutas, senderos, pendientes, etc) mayor será el puntaje.	4 (Muy alta) 3 (Alta) 2 (Moderada) 1 (Baja) 0 (Nulo)
		Frecuentación turística: a mayor número de visitantes mayor será el puntaje.	4 (Muy alta) 3 (Alta) 2 (Moderada) 1 (Baja) 0 (Nula)
		Valor intrínseco: a mayor valor intrínseco mayor será el puntaje	(1-11): 1 (12-23): 2 (24-35): 3 (36-48): 4
		Valor añadido: a mayor valor añadido mayor será el puntaje	(1-11): 1 (12-23): 2 (24-35): 3 (36-48): 4

Tabla 4.7.1. Tabla de evaluación de valores de uso y gestión.

#### 4.8 Valoración global de los LIG

Esta instancia consiste en realizar una triple valoración sacando un promedio entre los valores intrínsecos, añadidos y de uso y gestión (sumando el total de puntajes intrínsecos, añadidos y de uso y gestión y dividiendo el resultado por tres).

El valor global representa entonces un valor total del LIG teniendo en cuenta sus aspectos científicos, culturales, paisajísticos y turísticos. Dicho resultado permite realizar un análisis del valor final y potencial total de un LIG, a partir de la utilización de categorías cuantitativas y cualitativas (tabla 4.8.1). Sin embargo, no hay que dejar de lado el análisis de los valores (parciales) obtenidos con la utilización de categorías cuantitativas y cualitativas. Puesto que una categoría de valores altos en el valor final para un LIG, no necesariamente significa en que el mismo tenga potencial como recurso geoturístico; ya que puede tener una falencia importante en alguno de sus valores evaluados.

Tabla de categorías para valores intrínsecos, añadidos, de uso y gestión y globales:

<b>Valor intrínseco</b>	<b>Valor añadido</b>	<b>Valor de uso y gestión</b>	<b>Valor total o global del LIG</b>
Muy alto (>36)	Muy alto (>36)	Muy alto (>36)	Muy Alto (>36)
Alto (25- 36)	Alto (25-36)	Alto (25-36)	Alto (25-36)
Medio (12-24)	Medio (12- 24)	Medio (12- 24)	Medio (12- 24)
Bajo (<12)	Bajo (<12)	Bajo (<12)	Bajo (<12)

Tabla 4.8.1. Cuadro con categorías cuantitativas y cualitativas para los diferentes valores intrínsecos, añadidos, de uso y gestión y globales

#### *4.9 Resultados, recomendaciones y conclusiones*

Esta instancia del trabajo consiste en generar una serie de mapas y gráficos finales a partir de los resultados obtenidos en las etapas anteriores. Los mismos permitirán elaborar conclusiones y recomendaciones fundamentales para realizar un correcto aprovechamiento, utilización y gestión de los LIG.

Por otro lado, los productos obtenidos en esta etapa buscan ser un instrumento de trabajo para aquellos profesionales abocados a la actividad turística (guías, profesores, monitores, entre otros).

La presente etapa puede a su vez ser dividida en cinco fases

1º Fase: realizar una tabla cuyo contenido posea los resultados obtenidos en las etapas de la valoración intrínseca, cultural y de uso y gestión. A partir de los datos de dicha tabla se elaboran gráficos de barras comparativos de los LIG. Estos gráficos permiten visualizar de forma sencilla, cuales son los caracteres dominantes de los LIG.

2º Fase: confeccionar un mapa con los valores (intrínsecos, añadidos y de uso y gestión) para los diferentes LIG. Estos mapas pretenden ser una herramienta más de análisis para tener en cuenta la ubicación de los LIG estudiados y su potencial como recursos geoturísticos en términos científicos, culturales, turísticos, ecológicos y/o sociales.

El mapa de los LIG permite no solo analizar el carácter dominante del LIG (intrínseco, añadido, uso y gestión), sino que también permite realizar análisis espaciales entre los mismos. De esta forma estos mapas resultan fundamentales para proponer posibles georutas.

3° Fase: elaboración de recomendaciones en función al trabajo de campo realizado y los resultados obtenidos. Las mismas buscan promover una correcta utilización y gestión de los LIG en función a sus respectivos valores intrínsecos, añadidos y de uso y gestión obtenidos en la evaluación.

4° Fase: elaboración de una posible georuta que incluya los LIG valorados. Dicha elaboración toma un carácter principalmente cualitativo. Esto se debe a que en la producción de la georuta son, ante todo, parámetros cualitativos los que se tienen en cuenta para su definición (accesibilidad, componentes paisajísticos, cercanía a hospedajes o puntos de control, etc). Dicha georuta busca ser de utilidad a la hora de realizar una posible planificación turística que contemple dichos elementos geomorfológicos. A su vez la misma representa una herramienta para que los visitantes conozcan, disfruten y aprovechen los LIG.

5° Fase: finalmente basándose en los gráficos y mapas realizados en las fases anteriores se busca producir conclusiones que sinteticen de alguna forma el resultado final obtenido del trabajo. Las mismas apuntan a resumir la situación actual de los LIG y a determinar cuáles deberían ser los factores a tener en cuenta o cambiar para un correcto aprovechamiento, uso y gestión de los mismos.

## **5. Caracterización general del área de estudio**

### *5.1 Orografía y clima*

El área de estudio está integrada por grandes cordones montañosos (1600-2000 m.s.n.m) con dirección predominantemente N-S separados por imponentes valles producto de desplazamientos glaciares en el pasado, los cuales a su vez fueron modelados por posteriores corrientes fluvio-glaciales. Asimismo, la topografía del área de estudio está determinada por la existencia de múltiples coladas basálticas, algunas de ellas constituyen grandes planicies volcánicas como la Pampa de Lonco Luan. Por fuera del área de estudio es posible observar numerosos aparatos volcánicos en el territorio Chileno y Argentino, la mayoría poligénicos del tipo estratovolcán como Lanín, Llaima, Lonquimay, Sollipulli, entre otros.

Según datos extraídos de <https://es.climate-data.org/> el clima en Villa Pehuenia es templado. Las precipitaciones son más abundantes en los meses de Junio, Julio y Agosto (Fig.5.1.1). De acuerdo a la clasificación climática de Köppen y Geiger, el clima para la región de Villa Pehuenia y sus alrededores es Csb, lo que se traduce como un clima mesotérmico templado, subhúmedo con veranos secos.

En la región se estima la caída de 1060 mm anuales (para los años comprendidos entre 1982 y 2012) con 23 mm como pico más seco durante el mes de enero y 195 mm como pico más alto durante el mes de junio.

El promedio de temperaturas anuales, para los años comprendidos entre 1982 y 2012, es de 8.8 °C con 14,8°C durante enero (mes más cálido) y 3,3°C durante junio (mes más frío).

Los vientos soplan predominantemente desde el oeste (Océano Pacífico), descargan su humedad en las altas cumbres de la Cordillera de los Andes y bajan secos al sector oriental (Galli, 1969).

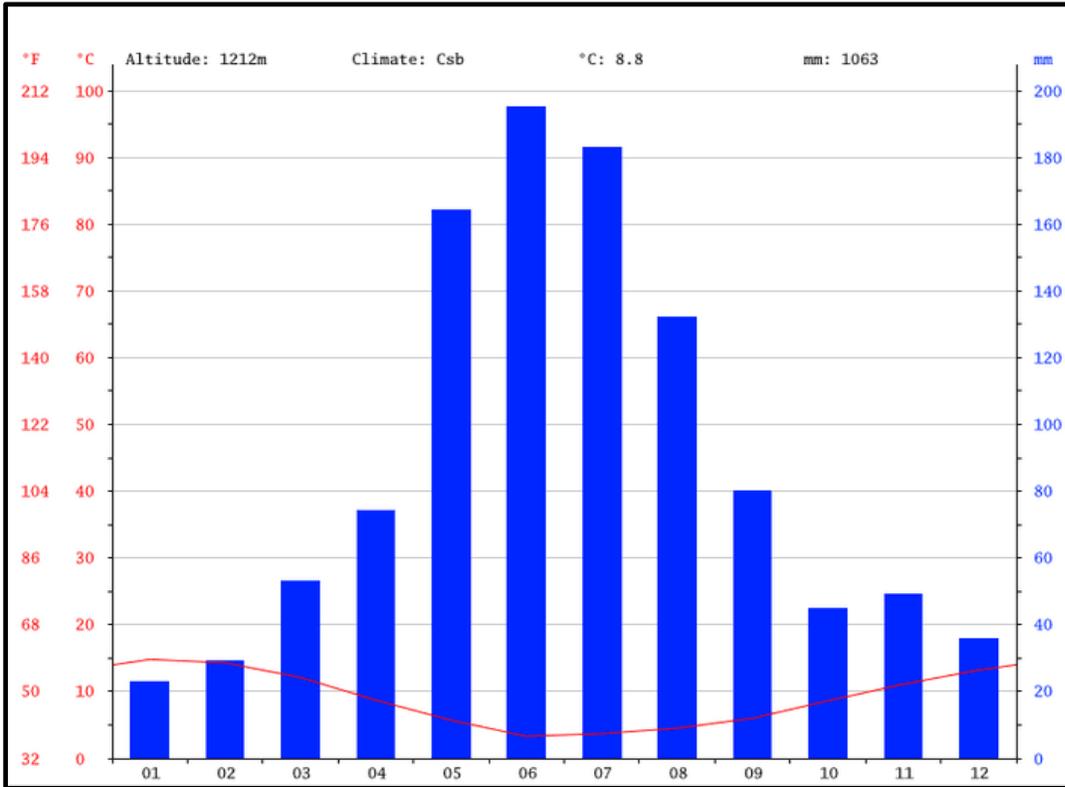


Fig.5.1.1. Gráfico de temperaturas y precipitaciones medias mensuales para la zona de Villa Pehuenia (Climate-Data.org).

## 5.2 Marco geotectónico

La información de este apartado fue extraída de los trabajos “Las provincias geológicas del territorio argentino” y “Rasgos estructurales del territorio argentino” de Ramos (1999). Según dicho autor, la presente área de estudio corresponde al extremo norte de los Andes Patagónicos Septentrionales.

La cordillera de los Andes se originó por la subducción de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana durante el ciclo orogénico Ándico, que comenzó hace 45 Ma y continúa actuando hasta la actualidad. Esta subducción tuvo diferentes ángulos de inclinación, velocidades y tipo de corteza oceánica involucrada (diferentes edades), generando diferentes caracteres geológicos a lo largo de toda la cordillera de los Andes (Fig.5.2.1). Gran parte de la geología y topografía actual en la zona está fuertemente ligada a una intensa actividad volcánica asociada a vulcanismo de arco generado por este alzamiento de la cordillera entre la latitud 34- 40° (Fig.5.2.1). Este ciclo a su vez puede ser subdividido en dos subciclos en

función a las variaciones en la velocidad de subducción de la placa de Nazca, el subciclo Paleógeno y el Neógeno.

El subciclo Paleógeno generó diversos intrusivos y centros de efusión con depósitos volcánicos predominantemente andesíticos de edad eocena en el sector Oeste de Neuquén, asociados a un arco magmático que abarca desde los 36°S (Laguna de Varvarco Campos, Neuquén) hasta los 43°S (Corcovado, Chubut). Este subciclo finaliza con una bajada de velocidad de convergencia y asociado a un ángulo de subducción con cierta oblicuidad. Posterior al Eoceno, se produce un régimen extensional en el sector neuquino asociado al desplazamiento del arco magmático hacia el Oeste que daría lugar a la formación de las cuencas Cura Mallín, Collón-Cura y Ñirehuao y el relleno inicial del graben de Loncopué (Ramos, 1977).

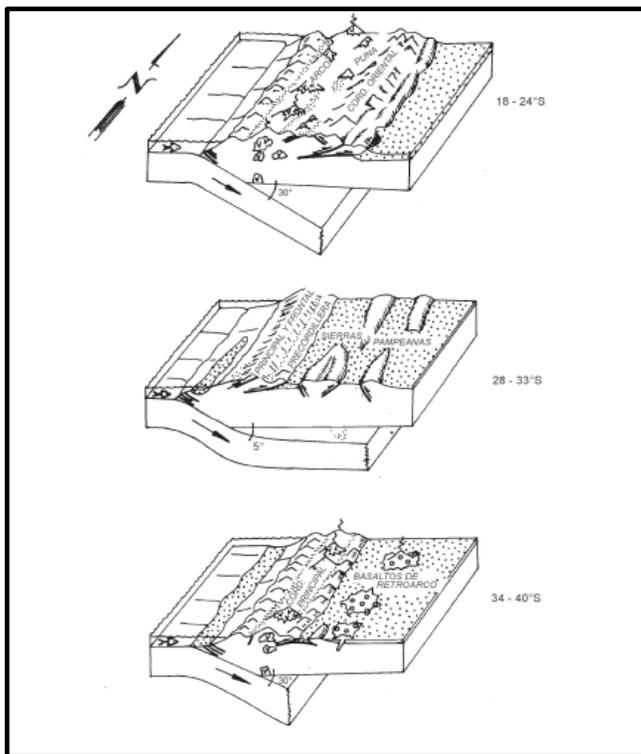


Fig.5.2.1 Variaciones en los regímenes de subducción, de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana, entre el segmento de los Andes correspondiente al área de estudio (34°-40° S) y los segmentos de los Andes asociados a latitudes más bajas (Ramos, 1999).

Según Ramos (1999) los efectos tectónicos producidos en el subciclo Neógeno fueron diversos dependiendo el sector andino involucrado (Fig.5.2.2). Esto posiblemente esté asociado a las variaciones de la edad de la corteza oceánica que subduce por debajo de la litosfera continental, dado que la de mayor antigüedad se encuentra más fría y esto le permite penetrar más rígidamente por debajo de la placa continental; adicionalmente, el ángulo de inclinación de la placa y la posición del arco magmático, influyen en el acortamiento orogénico y el espesor cortical.

Desde este enfoque tectónico, el área de estudio se encuentra dentro del segmento Neuquino (38°-41°S), donde el espesor cortical es bajo no superando los 45 km (Fig.5.2.2).

En el subciclo Neógeno existió una fuerte migración del vulcanismo hacia el oeste, provocando una reactivación extensional del graben de Loncopué, que es cubierto por coladas basálticas monogénicas de edad plio-pleistocena. La naturaleza estacionaria del arco hizo que la actividad volcánica (Ramos, 1988 b) se circunscriba principalmente a la zona cordillerana.

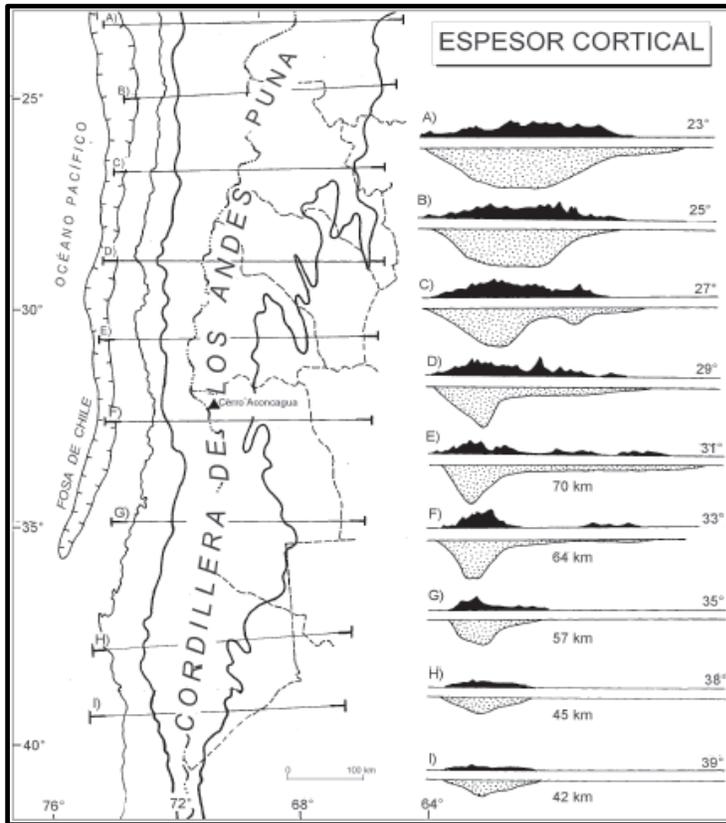


Fig.5.2.2. Engrosamiento cortical y acortamientos orogénicos (Ramos, 1999).

### 5.3 Marco estratigráfico

El marco estratigráfico fue extraído de las Hojas Geológicas 3972-II Loncopué de Zanettini et. al (2007), 3972-IV Junín de los Andes de Leanza y Cucchi (2005). El área de estudio comprende la parte sudoccidental de la Hoja Geológica 3972-II Loncopué (anexo 1) y el sector noroccidental de la Hoja Geológica 3972-IV Junín de los Andes (anexo 2).

Según Leanza y Cucchi (2005) la unidad litoestratigráfica más antigua del basamento que aflora en el sector sudoccidental del área de estudio es la Fm. Colhuincul. Esta consiste en rocas metamórficas (filitas cuarzosas y micáceas, esquistos y cuarcitas) del Proterozoico superior (datación Rb/Sr  $714 \pm 10$  Ma) que afloran en el borde norte del lago Ñorquinco y en ambas márgenes del curso medio del arroyo Mapio.

En la región nororiental del área, Zanettini et. al (2007) indican que las rocas correspondientes al basamento son de los períodos Devónico - Carbonífero (datación K/Ar  $372 \pm 18$  a  $311 \pm 16$  Ma). Se trata de metamorfitas (pizarras, filitas, gneises, hornfels) de la Fm. Piedra Santa, que afloran al oeste del cerro Litran, en las nacientes y curso superior del arroyo Cochicó Grande, y al sur del cerro Palau Mahuida. Estas rocas son intruídas por cuerpos granitoides del Pérmico inferior, del Complejo Plutónico del Chachil. A su vez, estas unidades estratigráficas son cubiertas en discordancia por un gran evento volcánico permo-triásico, el Gpo. Choiyoi, que también forma parte del basamento.

El Gpo. Choiyoi consta de diferentes tipos de vulcanitas mesosilícicas (brechas, tobas, ignimbritas, andesitas y dacitas). Dichas rocas se encuentran aflorando en el río Kilca, río Alumine, arroyo Cochicó Grande, en el curso inferior del río Litrán y en el margen oeste del lago Moquehue.

En el Triásico superior el basamento cristalino es intruído por el Granito Moquehue, compuesto por granitos y tonalitas aflorantes en la costa oeste y sudoeste del lago Moquehue, y entre las lagunas Cari Laufquen y Pichún. Hacia el oeste en la zona límite aflora la Fm Icalma, representada por el cordón La Bella Durmiente en zona de altos circos glaciares; son lavas almohadilladas, brechas volcánicas y turbiditas, del Jurásico temprano.

Durante el Cretácico inferior tardío y el superior se produce la intrusión de la Granodiorita Paso de Icalma (granodioritas, tonalitas y granitos), que alcanza gran extensión cubriendo casi todo el oeste de la zona de estudio en ambas Hojas Geológicas, rodeando los lagos Moquehue y Aluminé y llegando hasta Lonco Luan. Posteriormente la comarca fue elevada, y durante el Cenozoico sucedieron varios acontecimientos eruptivos (Zanettini et al., 2007).

A comienzos del Paleógeno se reconocen andesitas, tobas, brechas y aglomerados volcánicos de la Fm. Auca Pan atribuidas al Paleoceno (Leanza y Cucchi, 2005). Estas rocas rodean el cerro Melipilún, al norte del lago Ñorquinco.

En el Neógeno se depositaron sedimentitas, piroclastitas y se produjeron importantes eventos efusivos. Así en el Mioceno superior se destacan dentro del área de estudio: la Fm Mitrauquén (tobas, tufitas, areniscas, conglomerados e ignimbritas) en la ladera del cerro Batea Mahuída Sur, y al este, rodeando la Pampa de Lonco Luan; al sur de la misma, la Fm Chimehuín (tobas, tufitas, areniscas e paleosuelos). Concomitantemente se derramaban las lavas del Basalto Rancahué (basaltos, brechas, tobas y andesitas), que aflora en la costa sur del lago Aluminé, en los cerros Teta de Vaca, La Calera (Hoja 3972 II), y en los cerros Arenoso, Picudo, Colorado, Melipilún y Taraya (Hoja 3972 VI).

El ciclo efusivo siguiente se desarrolla en el Plioceno, consiste en el Basalto Tipilihuque (basaltos olivínicos, andesitas, brechas volcánicas e ignimbrita), que forma grandes mesetas volcánicas (Pampa de Lonco Luan, Meseta del Arco) y posee una gran extensión en la zona oriental, distribuyéndose en una faja norte-sur entre los paralelos  $38^\circ$  y  $39^\circ$  de latitud sur.

Posteriormente, en el Pleistoceno inferior, se reconocen coladas volcánicas del Basalto Hueyeltué (basaltos olivínicos, andesitas, brechas volcánicas e ignimbritas basálticas). Estas se encuentran en la Hoja 3972 II en el norte de la Pampa de Lonco Luan y en el este de la

meseta del Arco; y en la Hoja 3972 IV en el cerro Trelel, bordeando la ruta al norte del lago Ñorquinco, y entre el cerro Taraya y el río Pulmarí.

En el Pleistoceno superior la comarca fue englazada, lo cual está evidenciado por los depósitos morénicos de la Fm. Los Helechos (Zanettini et al., 2007). Son bloques, gravas y arenas que afloran en el arroyo Cochicó Grande, al sudeste del lago Aluminé y bordeando la orilla derecha del río homónimo, más al sur rodeando el curso inferior del río Pulmarí

Sobre la Pampa de Lonco Luan se reconocen algunos conos volcánicos escoriáceos correlacionados con el Basalto Mallín. Groeber (1946) consideró que la unidad es postglacial, es decir holocena.

En esa época también se producen depósitos de caída de pómez dacítica, originados en una erupción pliniana del cercano volcán Sollipulli (Chile). Son asignados a la Ignimbrita Alpehué (del mismo evento, reconocida en la zona trasandina), y tienen su mayor desarrollo en la zona de los lagos Moquehue, Aluminé y río Litrán, donde su distribución es continua, mientras que en la pampa de Lonco Luan su exposición es irregular por redeposición eólica, formando dunas de ceniza y lapilli fino. Dataciones radimétricas de restos carbonosos contenidos en depósitos de flujos piroclásticos arrojaron una edad de  $2900 \pm 60$  a  $2850 \pm 70$  a.A.P. (Naranjo et al., 1993).

También son del Holoceno depósitos de remoción en masa producidos en bordes de mesetas basálticas, principalmente de la pampa de Lonco Luan. Finalmente cabe mencionar los depósitos aluviales y de playa lacustre relacionados con ríos, arroyos y lagos actuales.

#### *5.4 Marco geomorfológico*

La geomorfología del área de estudio es producto de diversos procesos cuaternarios principalmente de origen volcánico y glaciario, y en menores medidas eólico, fluvial y gravitacional (Fig.5.4.1). Las geoformas volcánicas, como la meseta basáltica de Lonco Luan, las disyunciones columnares de Ñorquinco y las múltiples coladas volcánicas, están asociadas a importantes flujos lávicos de edad predominantemente plio-pleistocena. Con respecto a las geoformas glaciares, las mismas constituyen gran parte de los elementos paisajísticos del área de estudio, siendo el modelado glaciario el principal responsable de la geomorfología actual en la zona. Esto se debe a que las glaciaciones del cuaternario han tenido un efecto suavizante de la topografía terciaria, degradando y erosionando gran parte de las geoformas previas en el terreno.

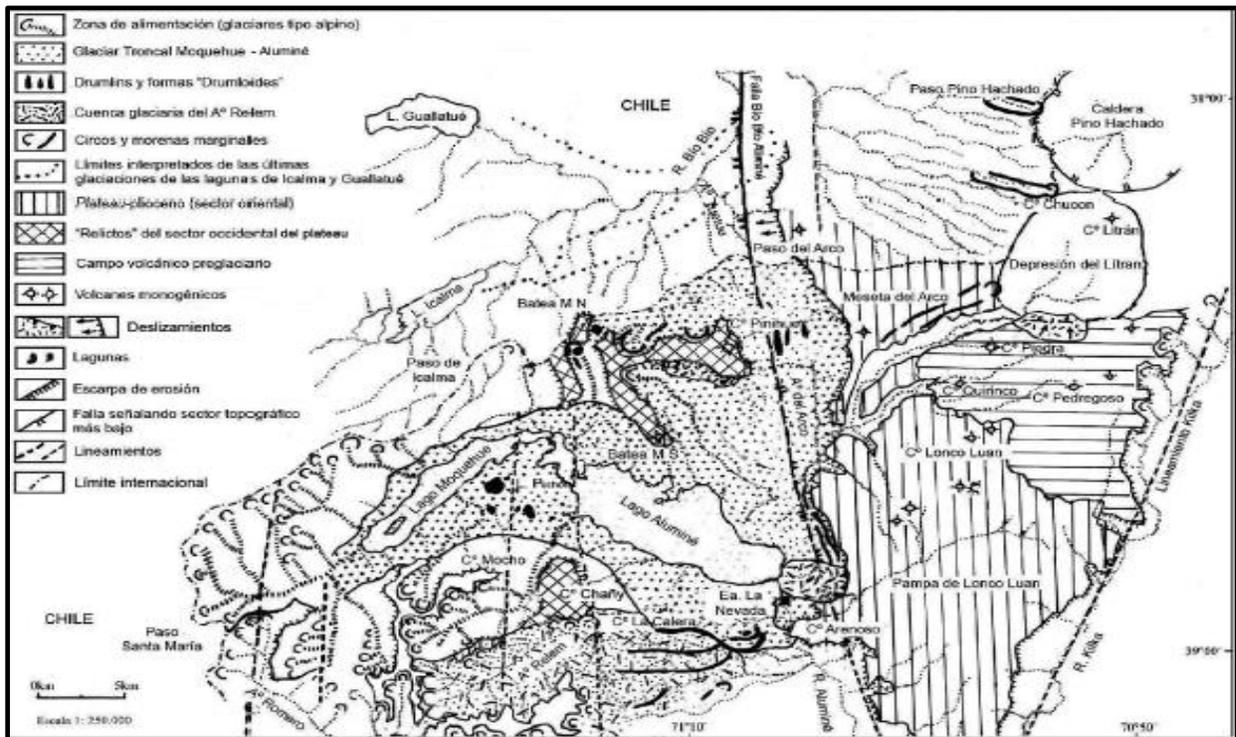


Fig.5.4.1. Mapa geomorfológico de la región de los lagos Moquehue- Aluminé (González Díaz y Di Tommaso, 2010).

González Díaz y Di Tommaso (2010) describen elementos geomorfológicos y estructurales de origen volcánico y glaciar, así como importantes procesos eólicos y de remoción en masa en la región de los lagos Moquehue y Aluminé (Fig.5.4.1). También en las Hojas Geológicas 35a Lago Aluminé (Galli, 1969), 3972-II Loncopué (Zanettini et al. 2010) y 3972-IV Junín de los Andes (Cucchi y Leanza, 2005) se hace una muy breve descripción sobre la geomorfología del lugar.

Según Rabassa et al.(2011) existieron múltiples glaciaciones en Neuquén durante el Holoceno, Pleistoceno y más antiguamente Plioceno y Mioceno tardío. Éstas dieron lugar a grandes mantos de hielo asociados a glaciares de descarga y alpinos. Estos glaciares dejaron evidenciada su existencia con múltiples rasgos principalmente erosivos, como aristas, horns, cols, tarns, valles en U, circos, entre otros, que modelaron el relieve de la zona. Durante la última glaciación del Pleistoceno, asociada a importantes cambios climáticos durante el Cuaternario, se formaron y alimentaron diferentes glaciares alpinos en la zona de Villa Pehuenia, Moquehue, Ñorquínco y alrededores, los cuales se desarrollaron entre las cotas 1750-1800 m.s.n.m.

Según González Díaz y Di Tommaso (2010), cuyo estudio abarcó el sector central y norte del área en estudio, parte de estos glaciares alpinos se combinaron para formar el glaciar troncal Moquehue-Aluminé cuyo desplazamiento influyó en la configuración actual del relieve topográfico del área de estudio. Este glaciar se desplazó por la zona de los lagos Moquehue y Aluminé, donde generó dos grandes cubetas glaciares por erosión que permitió crear el espacio para la formación de dichos lagos; a continuación el glaciar no pudo seguir

su desplazamiento hacia el E al encontrarse con la escarpa de la Pampa de Lonco Luan, produciéndose una difluencia hacia el N y el S (Fig.5.4.2). Es entonces que la distribución espacial de este gran glaciar troncal está evidenciada por la actual orientación de las cuencas de los lagos Moquehue y Aluminé. Dicha orientación estuvo arraigada a un control principalmente estructural, marcado por un sistema de fallas de rumbo N45°E y su complemento S-SE.

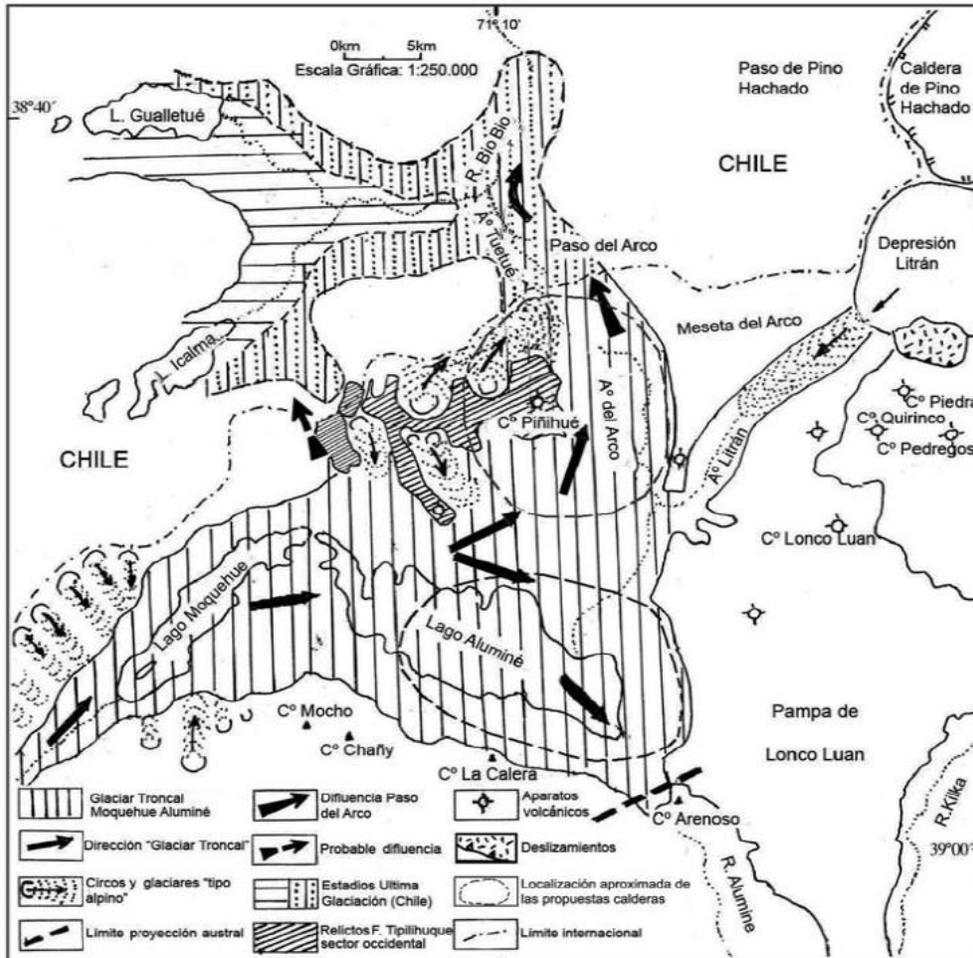


Fig.5.4.2. Modelo de desplazamiento glaciar de González Díaz y Di Tommaso (2010) para la zona de Villa Pehuenia y alrededores.

Asimismo el desplazamiento de este glaciar generó una topografía de bajo relieve (combinación de colinas y depresiones producto de la erosión glaciar) en los alrededores de Villa Pehuenia y Moquehue. En el Holoceno, cuando las temperaturas ocasionaron la fusión del glaciar, las concavidades previas producto de la erosión glaciar fueron llenadas por múltiples lagunas como las que se encuentran en la zona de La Angostura. Otra gran parte de los glaciares alpinos se unieron para dar lugar a la formación de otro glaciar principal, cuyo desplazamiento y posterior fusión conformaron los lagos Pilhue, Ñorquinco, Nompheuen, Pulmarí.

Las geoformas de acumulación, se encuentran representadas especialmente por bloques erráticos y morenas terminales, laterales y de fondo. Las mismas están agrupadas al este de la Estancia Nevada, al este del lago Aluminé, en las coordenadas  $38^{\circ}54'S$  y  $71^{\circ}1'48''O$  y en menor medida en los umbrales de algunos circos cercanos al cerro Batea Mahuida Norte. También se reconocieron cierres morénicos y morenas laterales al pie de circos ubicados al norte de la meseta de Piñihué. Según Rabassa et al. (2011) en el valle del lago Ñorquinco y río Pulmarí se reconocen dos arcos morénicos de morfología muy preservada, constituidos por la unión de morenas frontales y laterales, y cinco morenas recesionales más pequeñas. Se interpretó que podrían estar asociadas a un glaciar de descarga de dimensiones reducidas con poca carga detrítica.

Las geoformas volcánicas principales corresponden a grandes planicies estructurales lávicas, campos volcánicos y en menor medida conos volcánicos jóvenes a submaduros y chimeneas de erupción truncadas. Las planicies estructurales lávicas están principalmente formadas por el basalto de edad pliocena Tipilihuque, en algunas partes cubierto por el basalto pleistoceno Hueyeltué, y se ubican en un sector oriental (Meseta del Arco y Pampa de Lonco Luan) y un sector occidental (cerros Piñihué, Batea Mahuida Norte y Chañy). En el sector oriental se encuentran bien preservadas y presentan una notable continuidad y regularidad en sus estructuras. El sector occidental en cambio, ha sufrido el tránsito del glaciar troncal Moquehue-Aluminé, que generó una importante denudación de esas planicies lávicas. Relictos de las mismas quedaron restringidas a los sectores con cotas más altas como se observa en los cerros Piñihué, Batea Mahuida Norte y Chañy.

Sobre la Pampa de Lonco Luan se desarrollan ciertos conos volcánicos truncados (Pichi Lonco Luan, Loma Negra, Lonco Luan) de edad cuaternaria, mayormente constituidos por piroclastitas.

Otros rasgos importantes que se reconocen en el área se asocian a movimientos gravitacionales, principalmente deslizamientos rotacionales. Estos se producen en estadios posteriores a las glaciaciones del cuaternario ya que el derretimiento del hielo desestabiliza las laderas y aumenta el agua disponible en el terreno (factor desencadenante de procesos de remoción en masa). Los mismos se encuentran al este de la Estancia La Nevada, al norte, al oeste y en el margen sudoccidental de la Pampa de Lonco Luan.

Las geoformas asociadas a procesos fluviales se encuentran en menor medida; estas corresponden principalmente a valles fluviales y sus respectivos cursos de agua. Los dos principales tipos de drenajes fluviales son: dendríticos en aquellas zonas cuya litología es preferentemente sedimentaria y rectangular - angular en aquellas zonas con rocas plutónicas y volcánicas. Estas serían consecuencias de modificaciones en la energía de los cursos fluviales durante el Pleistoceno a causa de variaciones climáticas. Se reconocen dos deltas en el área de estudio, uno en la desembocadura del arroyo Qillahue al lago Moquehue, y otro en la desembocadura del río Litrán al lago Aluminé

Las geoformas eólicas se encuentran en la Meseta del Arco, la zona del Batea Mahuida, al noreste de la Pampa de Lonco Luan, y al este del volcán homónimo. En estos lugares la deflación eólica y acumulación de lapilli pumíceo (componentes más finos de la Ignimbrita Alpehué) han permitido el desarrollo de pequeñas dunas, plumas eólicas y geoformas de erosión del tipo pavimentos del desierto y yardangs mencionadas por Zanettini et al. (2007).

### *5.5 Contexto sociocultural y turístico de Villa Pehuenia y alrededores*

Los datos en este apartado fueron recopilados de la tesis doctoral de Di Nicolo (2018) y los trabajos de Marenzana (2003) y Paz (2013).

En el año 1974 el Estado Provincial da inicio a un plan de desarrollo de una villa turística en el asentamiento de Villa Pehuenia, que incluye el loteo y adjudicación de tierras fiscales, que transforma el lugar en un área mayoritariamente de segunda residencia de uso turístico. Posteriormente, el 20 de enero de 1989 se crea la Comisión de Fomento de Villa Pehuenia, la cual alcanzó el rango de municipio de tercera categoría en el 2003 y de segunda categoría recientemente en el 2018 al superar los 1500 habitantes. Esta cifra incluye los asentamientos de Villa Pehuenia y Moquehue además de un número importante de población dispersa entre la que se encuentran los pueblos originarios de la región (Comunidades Mapuche Puel y Catalán). Las principales actividades económicas que se desarrollan son la ganadería extensiva, la explotación forestal y un creciente desarrollo turístico (Torrens y Jurio, 2014). En estas últimas tres décadas el crecimiento poblacional, económico y social del lugar ha tomado una importante dimensión y dinamismo para el área.

Si bien, el ejido de Villa Pehuenia registró una población total de 1611 habitantes según el censo del 2010, el número de personas en la localidad se eleva a 5000 en la temporada alta (verano) producto de la actividad turística. Según Paz (2013) esta localidad pasó a ser uno de los destinos turísticos que más rápido crecimiento ha experimentado en la Argentina.

A raíz de este abrupto crecimiento poblacional y el surgimiento de nuevos tipos de actividades económicas destinadas al turismo, surge el objetivo de conservar el lugar desde un punto de vista tanto cultural como ambiental. Dicho objetivo busca mantener un perfil de “aldea de montaña” en la localidad; para ello los pobladores y autoridades buscan una explotación turística sustentable de los recursos culturales y naturales en la región. A modo de conservar la esencia del lugar y permitir un crecimiento ordenado de la actividad turística, las autoridades y pobladores hacen uso de diversos códigos y reglamentaciones asociados a la regulación de dicha actividad turística, un ejemplo de esto es el reglamento de arrendamientos, permisos, concesiones y contratos asociativos propuesto por la comunidad Puel.

El principal desarrollo turístico está abocado a las actividades de aventura y fundamentalmente al aire libre. Dentro de estas actividades se encuentran las cabalgatas, pesca, kayak, mountain bike, trekking, paseos en lancha y cuatriciclo, rafting y buceo.

Cuenta además, con numerosos miradores o puntos panorámicos como puesta en valor de su paisaje.

Gran parte del turismo en Villa Pehuenia es gestionado por la Comunidad Mapuche Puel, situada en la zona de los lagos Moquehue y Aluminé. Actualmente esta comunidad ofrece los atractivos turísticos más relevantes de la zona.

Según Marenzana (2003) este nuevo desarrollo turístico ha permitido revalorizar prácticas culturales de las poblaciones nativas. Una práctica cultural turística ejercida por la Comunidad Puel es la elaboración de comidas y bebidas típicas basadas en el fruto de la Araucaria comúnmente denominado “piñón”, que representa una de las fundamentales fuentes de alimentación de sus antepasados.

Por otro lado, la Comunidad Mapuche Puel es la encargada de la gestión del parque invernal de Ski en el cerro Batea Mahuida. La fácil accesibilidad en cuanto a la dificultad técnica del cerro, asociada a pendientes, calidad de nieve e instalaciones (Fig.5.5.1) transforma a este lugar en uno de los principales sitios frecuentados por visitantes principiantes del esquí y snowboard, y familias con poca experiencia en las actividades invernales. Dichas actividades representan un fuerte ingreso y sustento de vida para los pobladores en los meses de julio, agosto y septiembre.

En cuanto a la demanda turística, según datos de la Dirección de Turismo de Villa Pehuenia utilizados por Paz (2013), las familias con niños son el principal grupo en frecuentar este destino. Además, parejas de variada edad y grupos de amigos también visitan el lugar.



Fig.5.5.1. (A) Centro de esquí y confitería “Batea Mahuida”. (B) Casilla de registro al cerro Batea Mahuida.

A continuación se presenta un cuadro (tabla 5.5.1) extraída del trabajo de Paz y Galmarini (2013) que muestra los principales segmentos de la demanda turística en Villa Pehuenia y sus respectivos atractivos preferentes.

Segmento	Caracterización	Atractivos del destino
Familia turistas con niños	Familias con niños con nivel económico medio-alto que arriban a Villa Pehuenia para vacacionar de origen nacional o extranjero (principalmente de Chile).	Actividades recreativas en el Batea Mahuida (caminatas, juegos, actividades invernales como paseo en trineo, ski y snowboard). Actividades organizadas por algunos complejos de cabañas. Paseos y excursiones lacustres.
Parejas	Parejas jóvenes con interés en ecoturismo, turismo de aventura y/o deportes invernales.	Actividades en el cerro Batea Mahuida: trekking, cabalgatas, deportes invernales como ski y snowboard. Actividades en el lago y alrededores: rafting, pesca, excursiones 4X4, mountain bike, cuatriciclos.
	Parejas cuyo rango de edad se ubica entre 40 y 60 años que privilegian la tranquilidad del lugar y el contacto con la naturaleza.	Actividades recreativas, por ejemplo caminatas por la Villa y el Circuito Pehuenia: paseos y excursiones lacustres. Visitas y actividades recreativas en el cerro Batea Mahuida
Grupo de amigos	Grupos de amigos con interés en la pesca.	Existen diferentes excursiones por los lagos con varias opciones de pesca. Paseos lacustres y deportes náuticos.

Tabla.5.5.1. Cuadro de demanda turística en Villa Pehuenia (Paz y Galmarini 2013).

Actualmente el turismo ha tomado un estatus relevante en la economía del lugar. En los últimos años la economía basada en la prestación de servicios turísticos ha pasado a ser la principal actividad económica empleada, desplazando otras actividades económicas como la ganadería o actividades agrícolas.

Es importante resaltar los abundantes recursos naturales que existen en el área de estudio. Los mismos ofrecen tranquilidad y un contacto con la naturaleza; dos factores esenciales que cautivan a los visitantes. Dentro de los recursos naturales se encuentran innumerables bosques de araucarias, variados elementos geológicos de valor, inmensos lagos no contaminados, y una rica y variada fauna y flora.

A pesar del repentino crecimiento y desarrollo turístico en la región de Villa Pehuenia y alrededores, el turismo geológico o geoturismo aún es un recurso al que se le tiene poca consideración, pese a que el mismo representa una alternativa más para la explotación turística en dichas regiones.

## 6. Documentación, inventario y selección de los lugares de interés geomorfológico

En una primera instancia se generó un inventario con 15 lugares de interés geomorfológico con potencialidad como recursos turísticos en el área de estudio. Si bien varios lugares de interés se conocieron a través de viajes y por referencias verbales, este primer inventario se basó fundamentalmente en la bibliografía recopilada. En una segunda fase se realizaron observaciones de campo de las cuales se obtuvo que 6 de dichos LIG poseían la mayor calidad para resultar en potenciales recursos turísticos de elevado valor tanto científico como cultural y turístico.

La accesibilidad, estado de conservación y tipo de uso que se les da a algunos de los 15 lugares de interés geomorfológicos seleccionados fueron parámetros a tener en cuenta a la hora de realizar la selección final de los LIG tratados en este trabajo (Fig. 6.1). En algunos casos dichos parámetros condicionan directamente el correcto aprovechamiento turístico de los LIG, resultando en una ineficaz o nula utilización y gestión turística de los lugares.

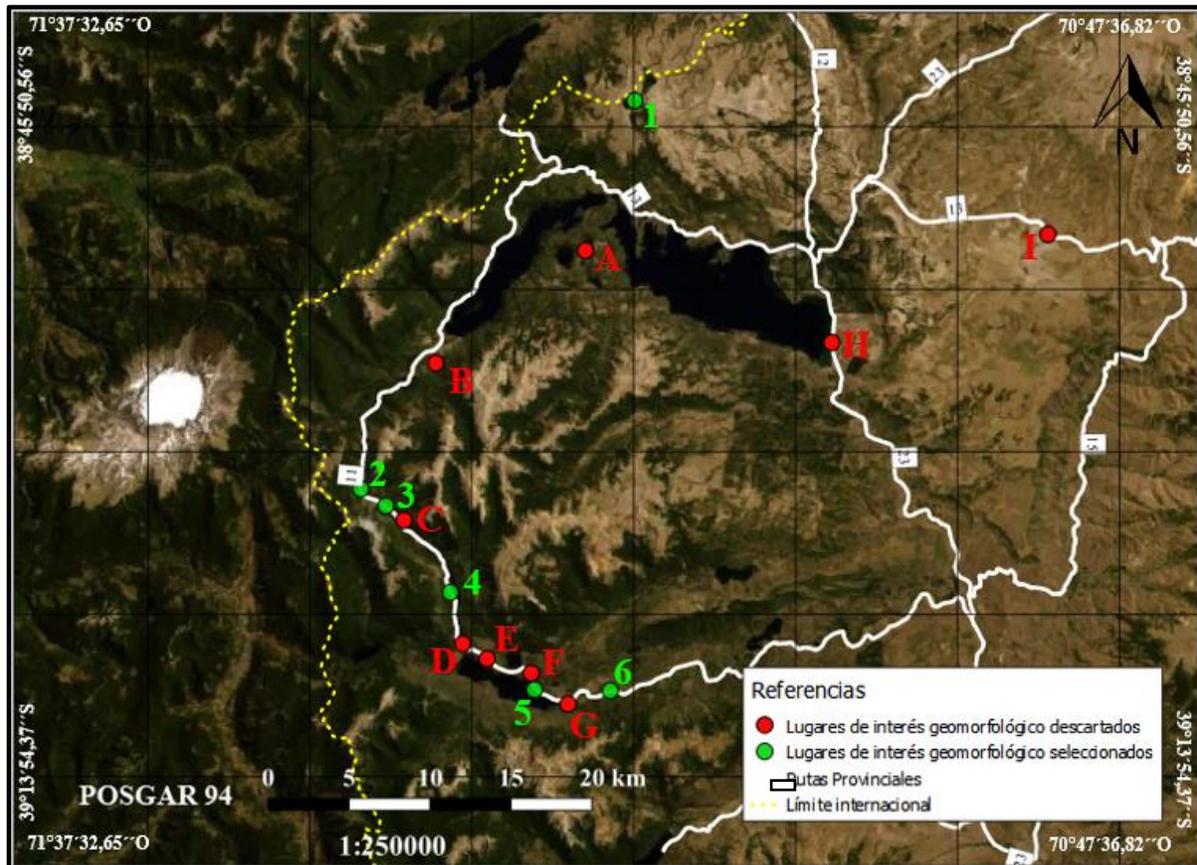


Fig.6.1 Imagen satelital de Qgis con los LIG analizados en la etapa de selección de lugares de interés geomorfológico. **Lugares de interés geomorfológico seleccionados:** (1) Cerro Batea Mahuida. (2) Cerro Impodi. (3) Cascada Impodi. (4) Disyunciones columnares. (5) Cueva Chenque. (6) Roca aborregada y bloque errático. **Lugares de interés geomorfológico descartados:** (A) Topografía de bajo relieve en la Angostura. (B) Flujo piroclástico en Moquehue. (C) Cascada del palo. (D) Roca aborregada 1. (E) Roca aborregada 2. (F) Roca aborregada 3. (G) Roca aborregada 4. (H) Deslizamientos rotacionales. (I) Pampa de Lonco Luan.

## 7. Descripción de los lugares de interés geomorfológico

### 7.1 Cerro Batea Mahuida

El presente LIG representa un punto de observación panorámico de geoformas principalmente de origen glaciar. Además permite la visualización panorámica de otros elementos geomorfológicos más distales como diversos aparatos volcánicos o la meseta basáltica de Lonco Luan. El acceso al cerro Batea Mahuida se encuentra a la salida de Villa Pehuenia, sobre la Ruta Provincial N°13 (antes de la bifurcación entre las rutas provinciales N°13 y 11) en las coordenadas 38°51'17,2''S y 71°14'21,36''O.

El cerro Batea Mahuida posee un elevado contenido turístico, siendo éste probablemente el lugar más frecuentado por turistas en la región. La concesión actual del cerro pertenece a la comunidad mapuche Puel, quienes se encargan de gestionar y mantener en condiciones adecuadas el lugar. Según la guardaparques Amancay Cumillán, quien trabaja en el cerro Batea Mahuida, este lugar llega a recibir hasta 50 autos diarios en la temporada alta (enero – febrero), de los cuales la mayoría corresponden principalmente a grupos familiares de diferentes localidades de la provincia del Neuquén. Este atractivo cuenta con numerosas instalaciones destinadas a la actividad turística (Fig.5.5.1) que favorecen y facilitan su accesibilidad y frecuentación, ejemplo de estas son cartelería, baños, sendas, cestos de residuos y un centro de esquí invernal con una cafetería. Además de poseer un elevado valor turístico, social y cultural, el lugar cuenta con numerosos balcones panorámicos desde los que se pueden apreciar hermosas vistas con claros ejemplos de rasgos geomorfológicos glaciares (Fig.7.1.6) asociados al modelado glaciar en el paisaje durante la última glaciación del Pleistoceno. Algunas de las geoformas glaciares más destacadas y representativas de la zona corresponden a:

#### 1. Valles glaciares o artesas

Los valles glaciares son geoformas de gran escala causadas por la erosión generada por el desplazamiento de un glaciar pendiente abajo (Fig.7.1.1). Este tipo de valles se diferencia de otros valles de erosión por la típica forma en “U” en su perfil transversal, compuesto por paredes de pendientes abruptas y una sección basal ligeramente aplanada. El efecto de los glaciares que se desplazan pendiente abajo en el terreno no es únicamente ensanchar y profundizar sino suavizar y “aplanar” la pendiente erosionada. La localización de los valles glaciares generalmente obedece a lugares donde previamente existían valles fluviales. El tipo de erosión generada por el desplazamiento de los glaciares alpinos es del tipo abrasión (desgaste del sustrato rocoso por rozamiento con la masa de hielo y rocas transportadas en un desplazamiento glaciar posterior al arranque) y arranque (captura de fragmentos del sustrato y transporte de bloques del sustrato rocoso por desplazamiento de un glaciar).

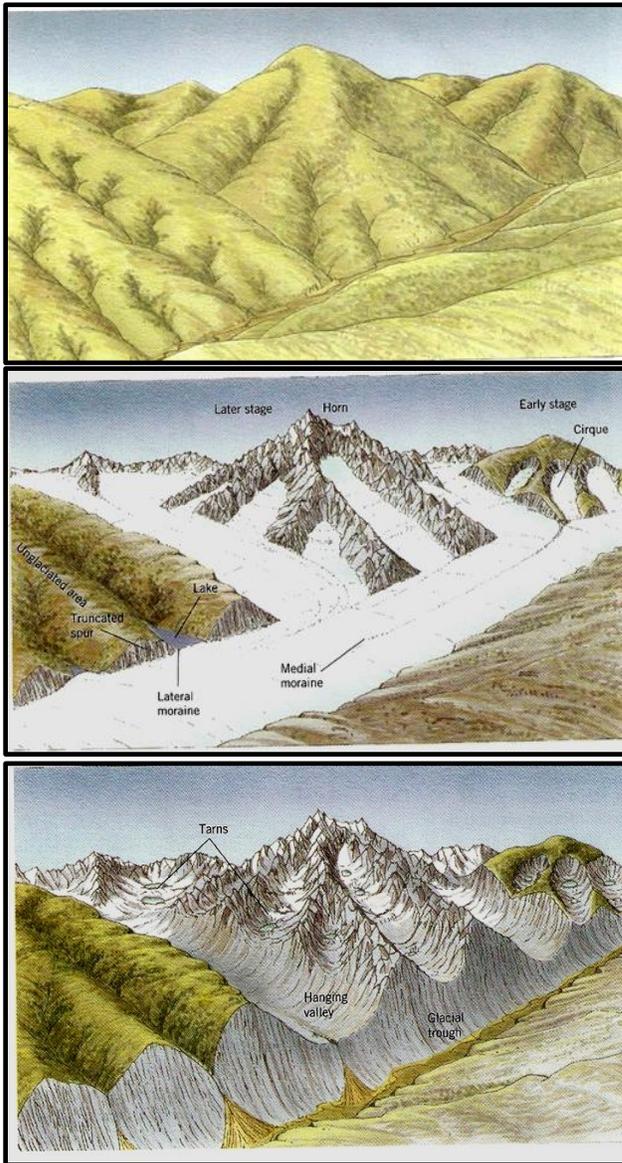


Fig.7.1.1. Esquema del desarrollo de geformas de erosión glaciar (Strahler, A.H y Strahler, A.N, 1994). (A) Topografía antes de que comience la glaciación con divisorias de agua redondas, suave pendientes y estrechos valles fluviales en forma de V. (B). Topografía y geformas formadas durante máxima glaciación. (C). Topografía y geformas después de un total retroceso glaciar.

## 2. Circos:

Según Gutiérrez Elorza (2008) los circos glaciares son depresiones de geometría circular o semielíptica dominadas por laderas escarpadas en forma de anfiteatro que generalmente se encuentran fragmentadas o rotas y han sido o siguen ocupadas por el hielo glaciar (Figs.7.1.1 y 7.1.11). Muchas veces estos se encuentran asociados a valles glaciares, formando parte de la cabecera de los mismos; su tamaño es muy variado pudiendo alcanzar dimensiones métricas o kilométricas dependiendo de factores como litología, consistencia, estructuras, cantidad de hielo glaciar, entre otras. Los elementos morfológicos de los circos

(Fig.7.1.2) constituyen una herramienta cada vez más utilizada por especialistas en glaciares para analizar procesos erosivos y magnitudes de los mismos.

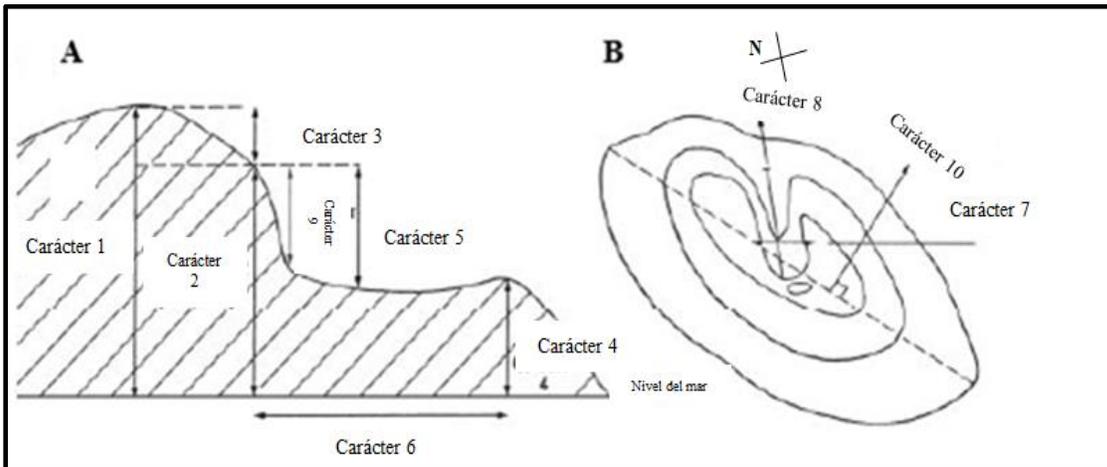


Fig.7.1.2. Caracteres de un circo modificado de Gutiérrez Elorza (2008). (A). Sección transversal del circo, (B) Planta de un circo y su área de cumbre. Los distintos caracteres son los siguientes: 1. Elevación máxima de la montaña en la que está emplazado el circo. 2. Elevación máxima del circo. 3. Diferencia entre 1 y 2. 4. Elevación del umbral del circo. 5. Desarrollo vertical máximo del circo. 6. Longitud del eje mayor del circo. 7. Anchura máxima del circo perpendicular al eje mayor. 8. Dirección del eje mayor. 9. Altura de la pared final del circo. 10. Ángulo de la vertiente regional.

El proceso de erosión por abrasión generado por glaciares alpinos contribuye al desgaste de las paredes abruptas del circo, aunque sobre todo está asociado a la formación de una cuenca o depresión por debajo de dichas paredes. La formación de esta depresión puede ser resultado del movimiento rotacional en los glaciares de circo. Este tipo de movimiento puede ser explicado a partir de los estudios realizados por McCall (1960), citado por Gutiérrez Elorza (2008), quien determinó que este movimiento puede estar asociado a que las velocidades del desplazamiento de un glaciar son mayores en los sectores más superficiales y más lentos en los sectores basales del glaciar (Fig 7.1.3), además de un exceso de acumulación en cercanías a la pared del circo.

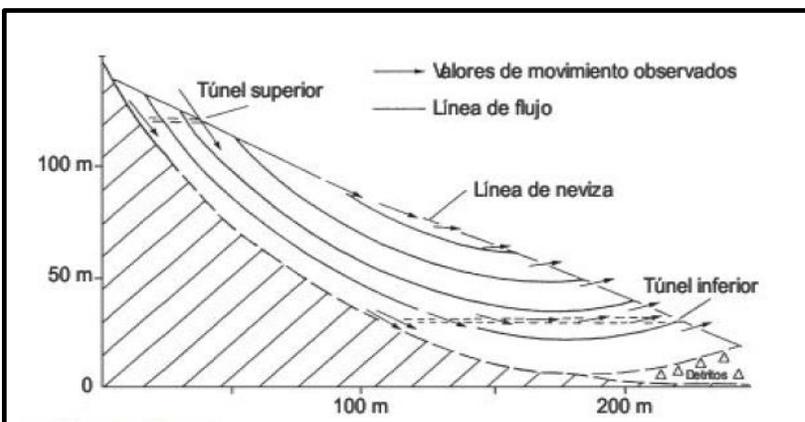


Fig.7.1.3. Corte del glaciar de Vesl - Skaubreen (Noruega) en el que se indican las líneas de flujo y las velocidades (modificado de McCall (1960) por Gutiérrez Elorza, 2008).

El desgaste y escarpado en las paredes del circo, es producto del proceso de meteorización física por crioclastia. Este proceso geomorfológico actuante en rocas de zonas de alta montaña consiste en una ruptura producto de la infiltración y congelamiento del agua. Este proceso se basa en que al congelarse el agua aumenta su volumen ejerciendo una importante presión sobre las paredes de la roca confinante, que resulta finalmente en la ruptura de la roca preferentemente en planos angulosos.

Gutiérrez Elorza (2008) afirma que la profundidad del circo está asociada principalmente a erosión por abrasión (formación de la depresión del circo), mientras que la anchura está determinada mayoritariamente por el proceso de meteorización física del tipo crioclastia (desgaste y escarpado en las paredes del circo).

Según Tricart y Cailleux (1962), citado por Gutiérrez Elorza (2008), la formación de los glaciares asociados a circos está determinada por dos fases. La primera, la fase incipiente, está asociada a las primeras acumulaciones de nieve en zonas elevadas, donde existe una depresión previa sobre la que los procesos estacionarios ligados a la meteorización física por crioclastia generan ensanchamiento y profundización de la misma permitiendo una paulatina mayor acumulación de nieve. Una vez que la acumulación de la nieve perdura de un año a otro, comienza la fase de neviza donde la nieve acumulada se compacta, perdiendo progresivamente su porosidad, hasta formar el hielo glaciar que se acumulara en las paredes y base del circo. La evolución del circo estará influenciada por el número y duración de glaciaciones, litología, estructuras del sustrato rocoso y factores topográficos en el área de acumulación.

### **3. Tarns**

Son lagos de variados tamaños y profundidades asociados a paisajes de alta montaña y vinculados a circos en glaciares alpinos. Este tipo de glaciares erosionan, con su desplazamiento pendiente abajo, la base de las paredes donde se acumula, generando una depresión o cubeta glaciar. Al fundirse el hielo glaciar concentrado en dicha cubeta glaciar y/o en las paredes del circo, da lugar a un *tarn* o lago glaciar de alta montaña (Figs.7.1.1 y 7.1.5).

### **4. Aristas**

Las aristas son elevaciones de forma elongada con bordes finos que separan dos valles glaciares (Figs.7.1.1 y 7.1.4). Su génesis está asociada al desplazamiento de dos glaciares por valles paralelos o subparalelos donde los mismos van profundizando y ensanchando sus respectivos valles hasta el punto en que las laderas de los márgenes erosionados de los valles quedan enfrentadas y a una distancia muy estrecha, formando relieves alargados generalmente de bordes filosos o aserrados. Otra posible génesis está relacionada al desarrollo de dos circos glaciares en sentido opuesto, donde los respectivos glaciares erosionan en mayor proporción la pared posterior y el fondo de la depresión o cubeta glaciar que las paredes laterales; este suceso está asociado al movimiento de deslizamiento

rotacional del hielo glaciar en los circos. Finalmente frente a variaciones de temperatura y desequilibrio entre la ganancia y pérdida glaciar, el hielo glaciar acumulado en los circos comienza a fundirse dejando al descubierto los circos glaciares opuestos y la delgada arista glaciar que los separa.



Fig.7.1.4. Ambiente modelado por glaciar con típicos valles en U y aristas en Bariloche, Argentina (fotografía tomada por Luis Catalán).

## 5. Morenas

Las morenas son geformas de acumulación glaciar en forma de montículo o colina compuestos por material till o una mezcla de till y depósitos fluvioglaciales (Figs 7.1.5 y 7.1.6). El till es el material rocoso heterogéneo y mal seleccionado (los tamaños de fragmentos oscilan en tamaño arcilla y bloques de varios metros) transportado por un glaciar, mientras que los depósitos fluvioglaciales consisten en materiales de distribución homogénea y con una mejor selección, transportados y depositados por corrientes de agua de fusión glaciar. A medida que los depósitos fluvioglaciales se desarrollan en sectores más distales a la fuente disminuye el tamaño de grano y aumenta el redondamiento de los componentes; la estratificación horizontal alternada con cruzada suele ser una característica frecuente en este tipo de depósitos.



Fig.7.1.5. Laguna tarn rodeada de morenas laterales en el cerro Batea Mahuida.

De acuerdo a la situación que ocupan las morenas frente al glaciar, estas se pueden clasificar en:

a- Morenas terminales: se forman al frente de un glaciar, en la zona de deshielo, donde a medida que el glaciar se funde y consecuentemente se retira, deja acumulado el material tillítico que da origen a esta geoforma de acumulación. Puede indicar posiciones de retirada glaciar.

b- Morenas laterales: se forman en las paredes del valle glaciar alpino por erosión y acumulación de materiales rocosos en las mismas, junto a la incorporación de derrubios de las laderas y material transportado en superficie pendiente abajo. A medida que el glaciar se funde y consecuentemente se retira, deja acumulado el material tillítico en las paredes en donde se encontraba confinado. Al igual que las morenas terminales, las morenas laterales pueden indicar retirada glaciar. Estas pueden presentarse adosadas a la pared rocosa del valle glaciar o separadas de la misma.

La unión de las morenas laterales y terminales pueden formar arcos morénicos, los cuales pueden ser de utilidad para diferenciar varias etapas en el proceso de retirada glaciar.

c- Morenas centrales: se forman por la unión de dos morenas laterales producto de la confluencia de dos glaciares de tipo alpino asociados a un mismo valle. Estas suelen ser superficiales y de poco espesor. Suelen formarse cuando un glaciar afluente se une a un glaciar principal.

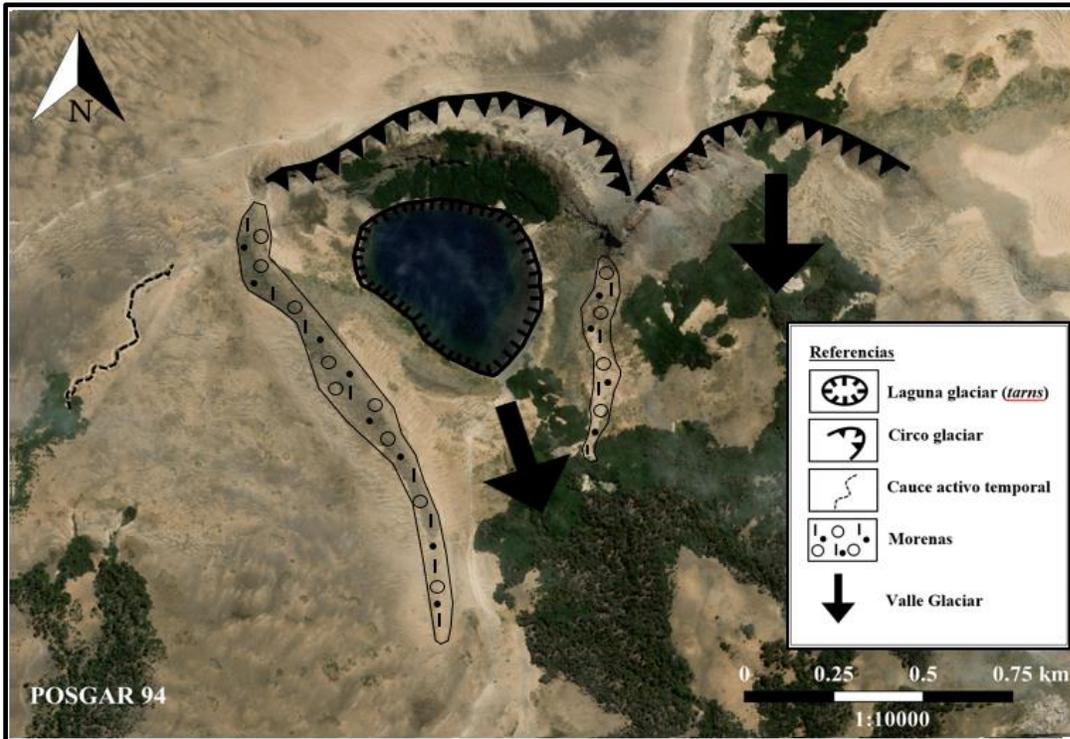


Fig.7.1.6. Imagen satelital de Qgis del LIG Cerro Batea Mahuida, con sus respectivas geomorfias de origen glacial.

El LIG de interés geomorfológico fue dividido en 4 estaciones de observación (Fig7.1.7)



Fig.7.1.7. Imagen satelital de Qgis del LIG Cerro Batea Mahuida con sus diferentes puntos de observación. (A) Mirador de “Las Antenas” y rocas de erosión glacial. (B) Tarn y circos glaciares del Batea Mahuida. (C) Cumbre (primer punto de avistamiento). (D) Cumbre (segundo punto de avistamiento).

### *A- Mirador de “Las Antenas” y rocas de erosión glacial*

En este primer punto se puede obtener una visión panorámica de la región de Villa Pehuenia, numerosos cordones montañosos, valles en U y los lagos Aluminé y Moquehue (Fig.7.1.8). Estos como se comentó con anterioridad fueron producto de la fusión del glaciar troncal Moquehue – Aluminé generado por la combinación de varios glaciares alpinos que se desplazaban pendiente abajo.



Fig.7.1.8. Vista del paisaje desde mirador de “Las Antenas”.

Este glaciar se habría formado en la última glaciación durante el Pleistoceno y se habría desplazado con dirección a estos lagos, siguiendo el control estructural previamente mencionado (pag.24) por la zona actualmente ocupada por estos lagos, dando lugar a varias de las geoformas de erosión que observamos en el LIG (Fig. 7.1.6). A 50 metros del punto panorámico de observación en “Las Antenas” se encuentra una roca de 5 metros de altura donde se aprecian evidencias del desplazamiento de este glaciar alpino asociado al cerro Batea Mahuida. Incluso si se desciende, desde esta roca, unos 100 metros aproximadamente por la ladera, se reconoce un extenso campo de rocas con rasgos de erosión glacial como pulidos y acanaladuras (Fig.7.1.9). Los mismos representan una importante evidencia de la dirección del movimiento glaciar desde cerro Batea Mahuida hacia los actuales lagos Aluminé y Moquehue.



Fig.7.1.9. Rocas con rasgo de erosión glacial que evidencian un desplazamiento del glaciar de circo en Batea Mahuida hacia la zona de los lagos Moquehue y Aluminé.

El tipo de roca asociada a estos sustratos rocosos con rasgos de erosión glacial (Fig.7.1.10) es predominantemente de color grisáceo claro de composición félsica cuyos componentes primarios son cuarzo cristal y morión, mica biotita, turmalina y como minerales secundarios se visualizan ilmenita, apatito óxidos probablemente asociados a la alteración de la mica biotita. Esta muestra es holocristalina y equigranular dado que más del 90% de la misma está compuesta por cristales de tamaño similar. Además presenta una textura granular con un desarrollo subhedral en sus cristales.

Debido a las características observadas, se podría pensar en indicios de una historia de enfriamiento lento en las presentes rocas, posiblemente asociada al enfriamiento de un cuerpo ígneo globoso. Por lo antedicho estas rocas podrían corresponder a un granito/granodiorita asociado a la intrusión de la Granodiorita Paso de Icalma del Cretácico superior.



Fig.7.1.10. Muestra de rocas con erosión glacial en el mirador de “Las Antenas”.

### *B- Punto de observación de tarn y circo glaciar del Batea Mahuida*

Desde el presente punto se puede observar un *tarn* (lago de origen glaciar asociado a un circo), morenas laterales (Fig.7.1.5) y un circo glaciar desarrollado en los paredones del cerro Batea Mahuida (Figs 7.1.6 y 7.1.11), que están formados por una espesa colada volcánica del Plioceno posiblemente correspondiente al Basalto Tipiliuque.



Fig.7.1.11. Principal circo glaciar y *tarn* del cerro Batea Mahuida visto desde el punto de observación B.

El presente punto representa no solo un sector de observación, sino un lugar de descanso en el que se puede refrescar en la laguna y reposar un momento a apreciar el paisaje. El mismo cuenta con instalaciones de baños y cestos de residuos, además de una playa constituida por material piroclástico (lapilli y piedras pómez).

Camino a la cumbre se observaron afloramientos rocosos correspondientes a la base de los circos glaciares, los mismos están integrados por rocas predominantemente de color grisáceo oscuro de composición máfica compuesta por fenocristales tabulares de plagioclasas euhedrales de tamaño medio inmersos en una pasta oscura, con múltiples cavidades primarias (Fig.7.1.12). Por el contenido de cristales y vidrio la muestra es hipocristalina, con una textura porfídica.

En la cumbre del Batea Mahuida (tope de los circos) se encontraron rocas predominantemente de color grisáceo oscuro compuesta por fenocristales de olivinos, embebidos en una pasta con abundantes microlitos de plagioclasas tamaño fino, minerales oscuros y cavidades primarias rellenas por vidrio volcánico en menor medida (Fig.7.1.12). Por el abundante contenido de cristales (sobre todo de plagioclasas) podemos decir que se trata de una muestra hipocristalina de textura intersertal, donde los cristales presentan un hábito esquelético.

En función a los datos texturales y composicionales de las rocas podemos asociar tanto las rocas encontradas camino a la cumbre (en el nivel base de los circos) como las encontradas en la cumbre (en el nivel tope de los circos) a un rápido enfriamiento de un cuerpo

magmático. Por lo antedicho y de acuerdo a la información de la Hoja Geológica 3972-II Loncopué (Zanettini et. al; 2007), las rocas podrían tratarse de basaltos asociados a una colada lávica del Basalto Tipiliuque.

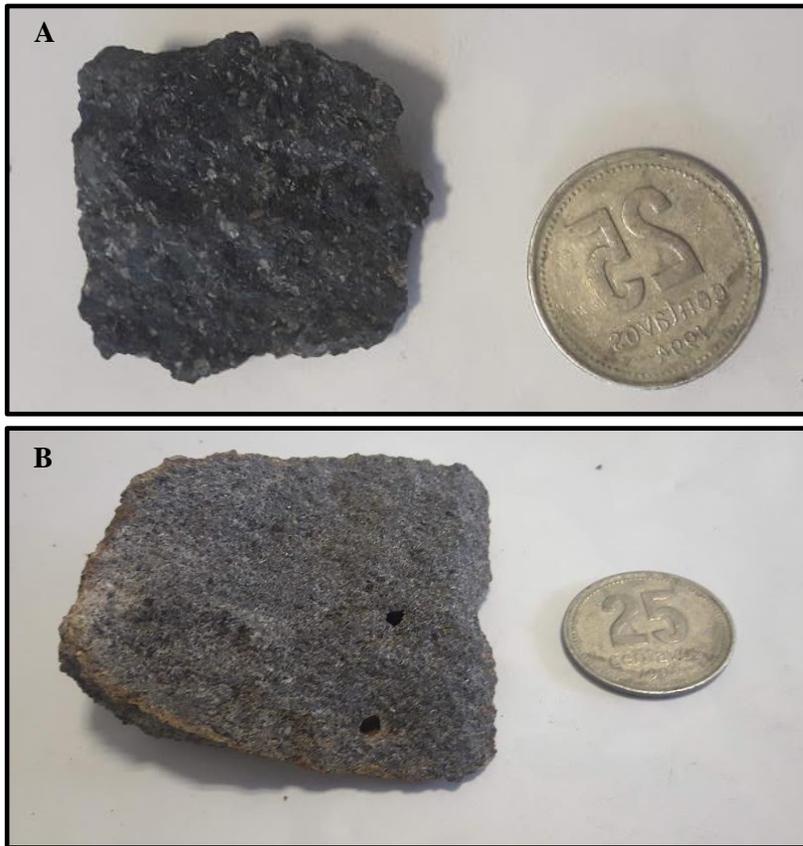


Fig.7.1.12. (A). Muestras de afloramientos correspondientes a base del circo en Batea Mahuida. (B) Muestras en la cubre del Batea Mahuida correspondientes al tope del circo.

El sendero hacia la cumbre está bien marcado y se estima un tiempo promedio de 40 minutos para ascender a la misma (en verano), también existe la posibilidad de llegar a la cima por un camino, en vehículo 4X4. Camino a la cumbre se reconoce un pequeño cauce temporario muy bien conservado donde se pueden apreciar algunos de los elementos o componentes de un sistema fluvial meandroso (llanura de inundación, barras de acreción lateral) (Fig.7.1.13).



Fig.7.1.13. Cauce fluvial meandroso temporal camino a la cumbre del cerro Batea Mahuida.

*C- Cumbre (primer punto de avistamiento)*

El primer punto de observación en la cumbre del cerro Batea Mahuida se localiza en las coordenadas  $38^{\circ}48'57,6''S - 71^{\circ}11'10,9''O$ , sobre unas rocas que constituyen parte del circo glaciar en las que se puede apreciar un claro ejemplo de meteorización física del tipo crioclastia (típica y asociada a la génesis de este tipo de geoformas glaciares) (Fig.7.1.14).



Fig.7.1.14. Ejemplo típico de meteorización física del tipo crioclastia visto desde la cumbre del cerro Batea Mahuida (primer punto de avistamiento).

A su vez, desde este punto se obtiene una visión más en detalle del circo glaciar del cerro Batea Mahuida con su respectivo *tarn* asociado y los volcanes, en orden SO a N, Lanín, Villarica, Llaima, Sierra Nevada, Lonquimay, Callaqui y Copahue (Fig.7.1.15). La mayoría de estos aparatos volcánicos son del tipo estratovolcanes de edad del Pleistoceno asociados al desplazamiento del arco volcánico en el ciclo Andico. Algunos como el volcán Lanín, Villarrica, Llaima, Callaqui y Copahue aún se encuentran en actividad.

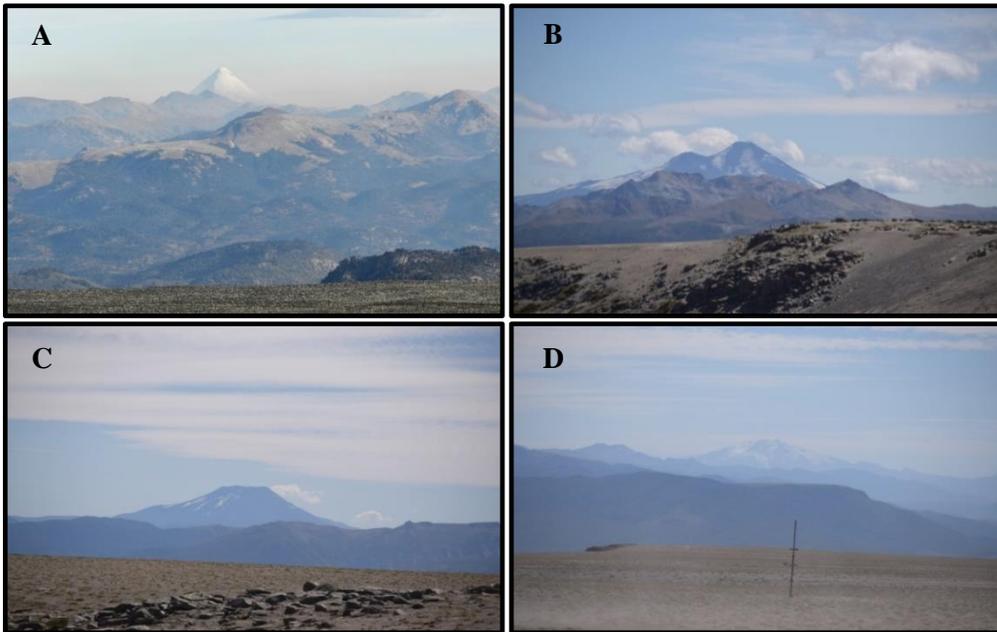


Fig.7.1.15. Vista de los diferentes aparatos volcánicos vistos desde la cumbre del cerro Batea Mahuida (primer punto de avistamiento). (A) Volcán Lanín (fotografía tomada por Santiago Bassani). (B) Volcán Llaima. (C) Volcán Lonquimay. (D) Volcán Copahue.

#### *D- Cumbre (segundo punto de avistamiento)*

El segundo punto de observación se encuentra 220 metros en dirección Este del punto de observación anterior, en las coordenadas  $38^{\circ}48'55,8''S$  y  $71^{\circ}11'2''O$ . Desde este punto se pueden apreciar con claridad la Pampa de Lonco Luan, que bloqueó el desplazamiento hacia el este del glaciar troncal (ver pag. 24), extensos bosques de araucarias, la laguna glaciar “El Arco” (Fig.7.1.16), valles en U, aristas y una visión panorámica de la región de Villa Pehuenia y sus alrededores. Dado la amplia visión panorámica y las características paisajísticas, este punto representa probablemente el mejor lugar para explicar el desplazamiento del glaciar alpino asociado al cerro Batea Mahuida.



Fig.7.1.16. Laguna glaciar (*tarn*) “El Arco” visto desde la cumbre del cerro Batea Mahuida (segundo punto de avistamiento).

La denominada Pampa Lonco Luan (Fig.7.1.17) reconocible desde este punto de observación, corresponde a una inmensa colada volcánica de edad Pliocena del Basalto Tipilihuque, cuyo relieve positivo tiene su origen en un proceso de inversión de relieve. La inversión de relieve es un proceso asociado a la erosión diferencial, donde un relieve inicialmente negativo frente a procesos erosivos se transforma en un relieve positivo. Este proceso se genera cuando se encuentran sustratos cuyas características intrínsecas les otorgan una amplia diferencia en cuanto a la resistencia frente a procesos erosivos. En el caso de la meseta de Lonco Luan las rocas ígneas (basaltos) asociadas a la colada volcánica poseen una mayor cohesión, competencia y por ende resistencia a la erosión con respecto a las rocas que la rodean, dichas diferencias puede estar relacionada a parámetros como la edad, litología y tipo de cuerpo ígneo asociado. La mayor resistencia a la erosión por parte de la colada volcánica permitió que bajo iguales agentes erosivos la misma sufriera una menor degradación con respecto a las rocas que la rodean, resultando en la transformación del relieve inicialmente negativo de la colada (con respecto al entorno) a uno positivo asociado a la meseta volcánica de Lonco Luan.



Fig.7.1.17. Vista de la meseta de Lonco Luan (círculo punteado rojo) desde la cumbre del cerro Batea Mahuida (segundo punto de avistamiento).

## 7.2 Cerro Impodi

El presente lugar de interés geomorfológico denominado cerro Impodi representa un punto de observación panorámica, en el que se divisan geoformas a gran escala correspondientes a extensos abanicos aluviales asociados al cerro Impodi (7.2.1). Dicho punto de observación se encuentra sobre la Ruta Provincial N°11 en las coordenadas  $38^{\circ}01'29,2''S$  y  $71^{\circ}23'17,4''O$ . Si se desea acceder a la cumbre del cerro Impodi para ver las geoformas desde otra perspectiva el camino resulta sumamente difícil y peligroso, debido a la falta de senda y constante caída de detritos en la ladera. Sin embargo, cabe aclarar que el ascenso a la cumbre del cerro puede realizarse con guías turísticos, quienes ofrecen excursiones en vehículos 4X4.

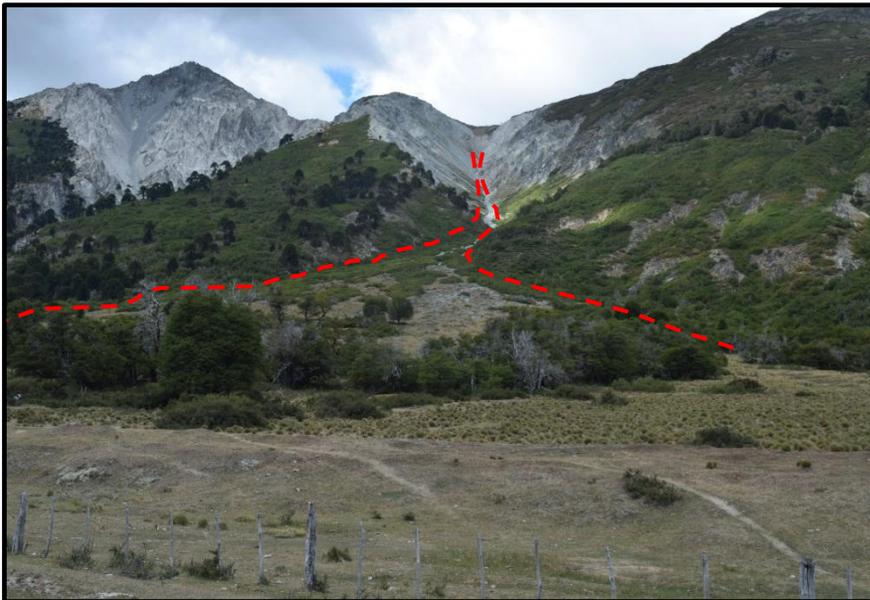


Fig.7.2.1. Abanico aluvial observado desde la ruta 11.

La siguiente información fue extraída de los capítulos IV y V del libro “Sedimentología del proceso físico a la cuenca sedimentaria” (Arche, 2010). Este autor define a los abanicos aluviales como geoformas de acumulación sedimentaria en forma de conos, localizados aguas abajo de la zona de ruptura de pendiente. Los mismos se forman cuando las corrientes fluviales con sedimentos en transporte llegan a la zona de ruptura de pendiente y al perder la energía y condición de encajonamiento, sufren un importante proceso de dispersión radial que resulta en la geoforma del abanico. Generalmente se forman en aquellos lugares donde un frente montañoso, del cual caen detritos, se cruza con una topografía llana. La topografía y geometría de la zona de acumulación de los materiales puede condicionar la morfología del abanico aluvial.

Existen diferentes factores que influyen en la formación de los abanicos como la litología, el tipo de superficie de desembocadura, tipo de pendientes de descarga, la vegetación, tipo de drenaje, régimen de precipitaciones, movimientos tectónicos, geometría de la cuenca, entre otros. Variaciones en estos factores se traducen en modificaciones en las condiciones de

equilibrio del sistema que pueden resultar en cambios morfológicos en los abanicos aluviales. Generalmente suelen tener una distribución radial en forma conoide, con el vértice o ápice en la desembocadura del canal de descarga principal. Suelen ser varios los canales que aportan materiales detríticos, probablemente el número de canales también está asociado a la morfología radial de los abanicos. Sin embargo, existe un canal principal asociado a la zona apical del abanico (zona más elevada que conecta al abanico con el frente montañoso) por donde se descarga la mayor parte del material proveniente del frente montañoso, y que a partir de múltiples eventos aluvionales funciona como el principal contribuyente a este tipo de geometría radial de los abanicos.

Existen relaciones directas entre el área de fuente o aporte y la superficie del abanico aluvial que permiten entender ciertos aspectos de la morfología del mismo. Si se dejan constantes todos aquellos factores que influyen en la morfología de un abanico, mientras más grande sea el o las áreas de aporte mayor será la superficie del abanico al que esté asociada. Así mismo si el área de aporte es rica en material lutítico la superficie del abanico puede ser incluso el doble que aquellos abanicos con areniscas en su área de aporte. Por otro lado, dejando de lado las variables climáticas y litológicas, la superficie del abanico posee una relación proporcional al tamaño de la cuenca de drenaje.

Si se tienen en cuenta únicamente factores litológicos, los abanicos aluviales asociados a materiales más gruesos desarrollarán una mayor pendiente y menor extensión que aquellos asociados a materiales arenosos o finos cuyas pendientes son menos pronunciadas y el desarrollo de sus extensiones son mayores.

En cuanto a la distribución del material sedimentario en los abanicos, las granulometrías mayores suelen localizarse en el ápice o sector más elevado del abanico, mientras que el material más fino se concentra en los sectores más distales del abanico. Desde un punto de vista granulométrico los abanicos aluviales pueden ser divididos en 3 sectores (Fig.7.2.2):

Proximal: zona asociada al ápice y cabecera del abanico aluvial, donde se encuentran los componentes de granulometría más gruesa que no pudieron ser transportados grandes distancias.

Medio: zona asociada al cuerpo del abanico, por debajo de la cabecera y por encima del pie del abanico, donde se encuentran los componentes de granulometría media.

Distal: zona asociada al pie del abanico, donde se encuentran los materiales de granulometría más fina que han podido ser transportados grandes distancias pendiente abajo.

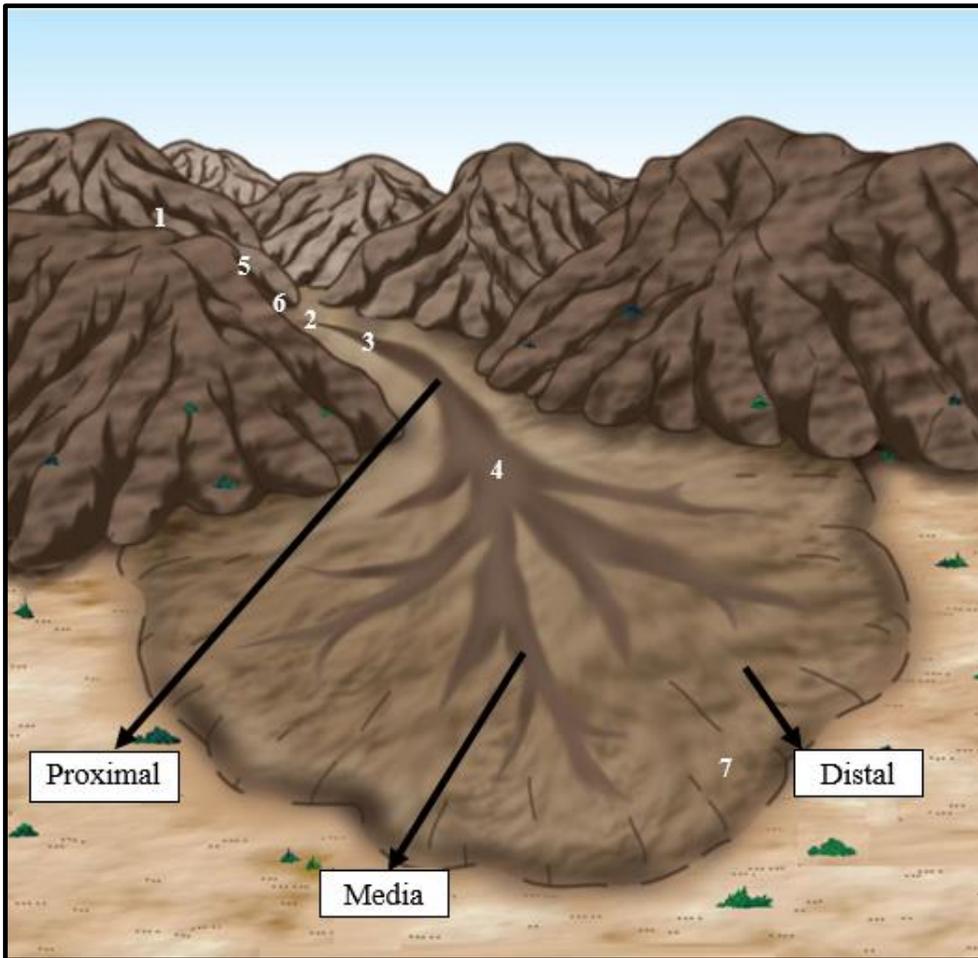


Fig.7.2.2. Elementos geomorfológicos principales en un abanico aluvial (Modificado de Monroe et.al. 2008).

La segmentación utilizada desde un punto vista morfológico de los abanicos aluviales para los fines del presente trabajo está integrada por los siguientes elementos (Fig.7.2.2):

1. Frente montañoso: zona asociada al aporte de material al abanico aluvial.
2. Ápice: zona topográficamente más elevada generalmente asociada al contacto del frente montañoso o fuente de aporte y el abanico aluvial.
3. Cabecera: parte superior del abanico por debajo del ápice.
4. Cuerpo del abanico: zona comprendida entre la cabecera y el pie del abanico
5. Cañón: canal principal excavado que une el frente montañoso con el abanico aluvial. Representa el cauce por donde se transporta todo el material desde el frente montañoso para constituir el abanico aluvial.
6. Atrincheramiento del abanico: encajamiento del canal principal en el ápice del abanico.
7. Lóbulo del abanico o pie del abanico: zona topográficamente más baja que representa el punto más distal donde se encuentra distribuido el material de menor granulometría.

En la zona se reconocen dos abanicos aluviales coalescentes (Fig.7.2.3), si bien desde la ruta se puede reconocer uno solo con claridad (abanico (A)), ambos están asociados al cerro Impodi.

El abanico (A) se encuentra pobremente vegetado y abarca un área aproximada de 0,35 km<sup>2</sup> (Fig.7.2.3). Por otro lado, el abanico (B) se encuentra ampliamente vegetado y posee una superficie aproximadamente de 0,45 km<sup>2</sup> (observable desde la cascada Impodi o por imagen satelital) (Figs.7.2.3 y 7.2.4).

Se pueden establecer relaciones dinámicas entre los abanicos aluviales a partir del punto de coalescencia, donde el abanico vegetado (B) se desplaza y tapa un segmento del pie del abanico aluvial menos vegetado (A), pudiendo deberse a su mayor cuenca de aporte con respecto al abanico (A) observable desde la ruta.

Ambos abanicos aluviales están compuestos por depósitos Holocenos modernos con grava, arena, limo y arcillas. Arriba del cerro Impodi coronan afloramientos del Basalto Hueyeltué (Fig. 7.2.3).



Fig.7.2.3. Abanicos aluviales coalescentes asociados al Cerro Impodi vistos en una imagen satelital de Qgis. (A) Abanico menos vegetado. (B) Abanico ampliamente vegetado. (C) Afloramientos del Basalto Hueyeltué.

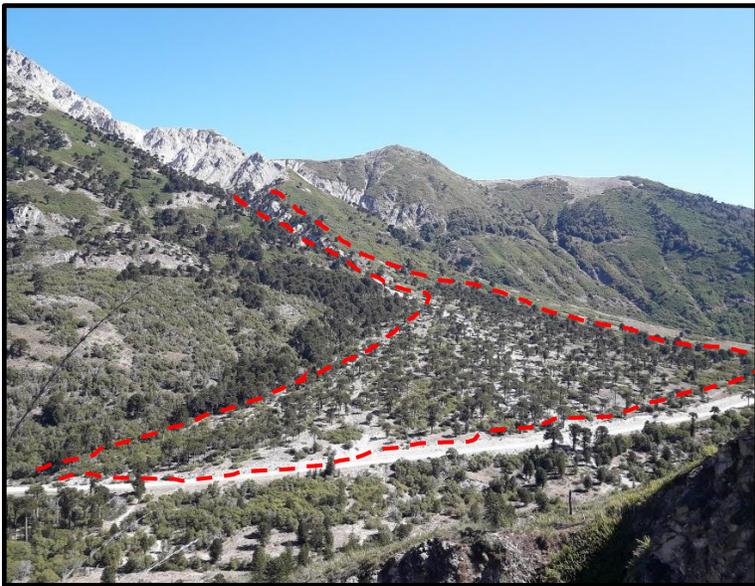


Fig.7.2.4. Abanico aluvial (B) vegetado visto desde la cascada Impodi.

El origen de estos abanicos aluviales se remonta al Holoceno y podría estar asociado a canchales desarrollados en las laderas del cerro (Fig.7.2.5). Entendiéndose por canchal a una ladera en equilibrio dinámico formada por detritos coluviales. Los canchales se generan por un permanente estado de desestabilidad en las cornisas o frentes montañosos, asociados principalmente a procesos de meteorización física, especialmente del tipo crioclastia, actuantes sobre las laderas rocosas. Las laderas del frente montañoso no tienen vegetación debido a factores como altitud, ausencia de suelo y principalmente la constante caída de material rocoso de la cornisa.

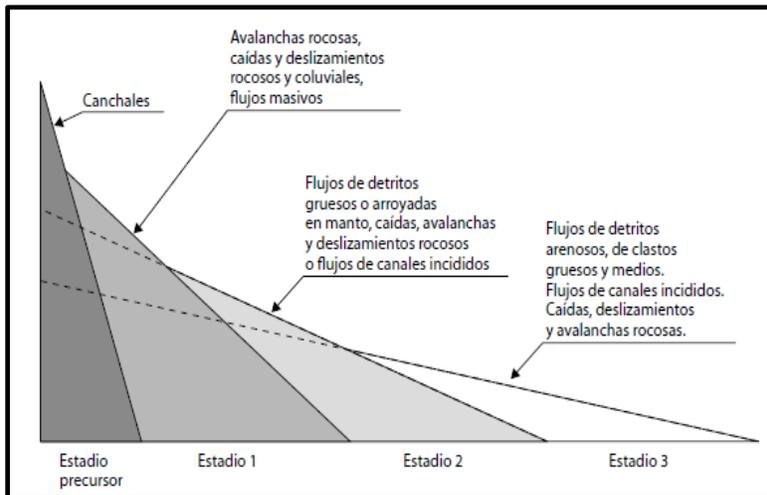


Fig.7.2.5. Esquema de los estadios evolutivos del desarrollo de un abanico aluvial, a partir de canchales iniciales. Se indican los procesos sedimentarios predominantes (Arche, 2010).

El presente LIG ubicado sobre la Ruta Provincial N°11 es bastante frecuentado debido al tránsito que esta ruta presenta; sin embargo, son pocos los turistas que se detienen a apreciar el paisaje y la geomorfología asociada al lugar. En síntesis, teniendo un alto potencial atractivo, su actual explotación y contenido turístico asignado es muy bajo.

### 7.3 Cascada Impodi

La cascada Impodi<sup>1</sup> es un salto vertical de agua de aproximadamente 120 metros de altura (Fig.7.3.3), ubicada a la salida de Moquehue, próxima al cerro Impodi sobre la Ruta Provincial N°11 en las coordenadas 39°02'5,4''S y 71°22'16''O. El tipo de geoforma asociada es el denominado “valle colgante” (Fig.7.3.1); el cual se forma cuando un glaciar tributario se acopla a un glaciar principal de mayor volumen y tasa de erosión (asociada a la cantidad de hielo y material desplazado, tipo de sustrato rocoso, entre otras). En una segunda etapa al generarse un retroceso en ambos glaciares y fundirse parte del hielo, queda una pendiente vertical o abrupta entre el valle en U erosionado por el glaciar principal y el valle tributario generado por el afluente. En un estadio posterior aquellos cursos de agua postglaciares pueden desarrollarse sobre esta pendiente formando cascadas. Muchas veces se puede reconocer la forma en U en el valle colgante (Fig.7.1.1), dando un indicio de la magnitud y dimensiones de aquel afluente glaciar (Fig.7.3.4).



Fig.7.3.1. Vista del valle colgante en la cascada Impodi desde el mirador de la base.

La litología de la roca encajante (Fig.7.3.2) le otorga a la geoforma cierta resistencia a la erosión y meteorización, garantizando la conservación del LIG frente al desgaste natural. El tipo de roca es de un color grisáceo claro, de composición félsica, constituida por cuarzo anhedral, albita anhedral, mica biotita y turmalina euhedrales. La muestra es holocristalina e inequigranular dado que más del 90% está compuesta por cristales cuyos tamaños son mayores en las turmalinas y micas biotitas, con textura granofírica. Estos parámetros dan indicios de una historia de enfriamiento en la roca relativamente lenta, posiblemente asociada a un cuerpo ígneo globoso.

<sup>1</sup> Cascada innominada llamada comúnmente por los locales como “Cascada Impodi”

Por lo antedicho y de acuerdo a la información de la Hoja Geológica 3972-IV Junín de los Andes (Leanza y Cucchi, 2005), la roca asociada al presente valle colgante podría corresponder a un granito/granodiorita correspondiente a la intrusión de la Granodiorita Paso de Icalma del Cretácico superior.



Fig.7.3.2. Muestras de rocas de cascada Impodi.

El origen de esta cascada en particular se remonta al Pleistoceno producto del desplazamiento, erosión y modelado glaciar. Dicha génesis se atribuye a la unión de un glaciar tributario con dirección NE-SO del orden de 2,3 km (medidas tomadas con Qgis) a un glaciar principal con dirección NO-SE del orden de 13 km (medida tomadas con Qgis), este último, junto con otros glaciares, daría lugar a la formación del lago Ñorquinco entre otros lagos. En un estadio posterior de retroceso glaciar habría quedado configurada una pendiente vertical de más de 100 metros de altura entre el fondo del valle en U del glaciar principal y aquel pequeño valle generado por el glaciar afluente. Finalmente, sobre dicha pendiente vertical, se desarrollaría un curso fluvial postglaciar asociado a aguas de fusión glaciar en la zona de los circos del glaciar afluente, que daría lugar a la formación de la actual cascada.

Cabe mencionar la existencia de pozones asociados a procesos actuales de cavitación de las rocas por la caída del agua en la cascada. Estos pozones pueden significar un lugar para refrescarse, descansar y apreciar dichos procesos erosivos actuales.

El lugar es poco frecuentado por turistas, gran parte de los mismos se restringen a tener una visión panorámica de la cascada desde la ruta. Sin embargo, se recomienda altamente la aproximación a la cascada para una mejor apreciación geomorfológica y paisajística de la misma.

El LIG de interés geomorfológico fue dividido en 2 estaciones de observación (Fig.7.3.3):

A- Mirador de la base.

B-Mirador de la cumbre.

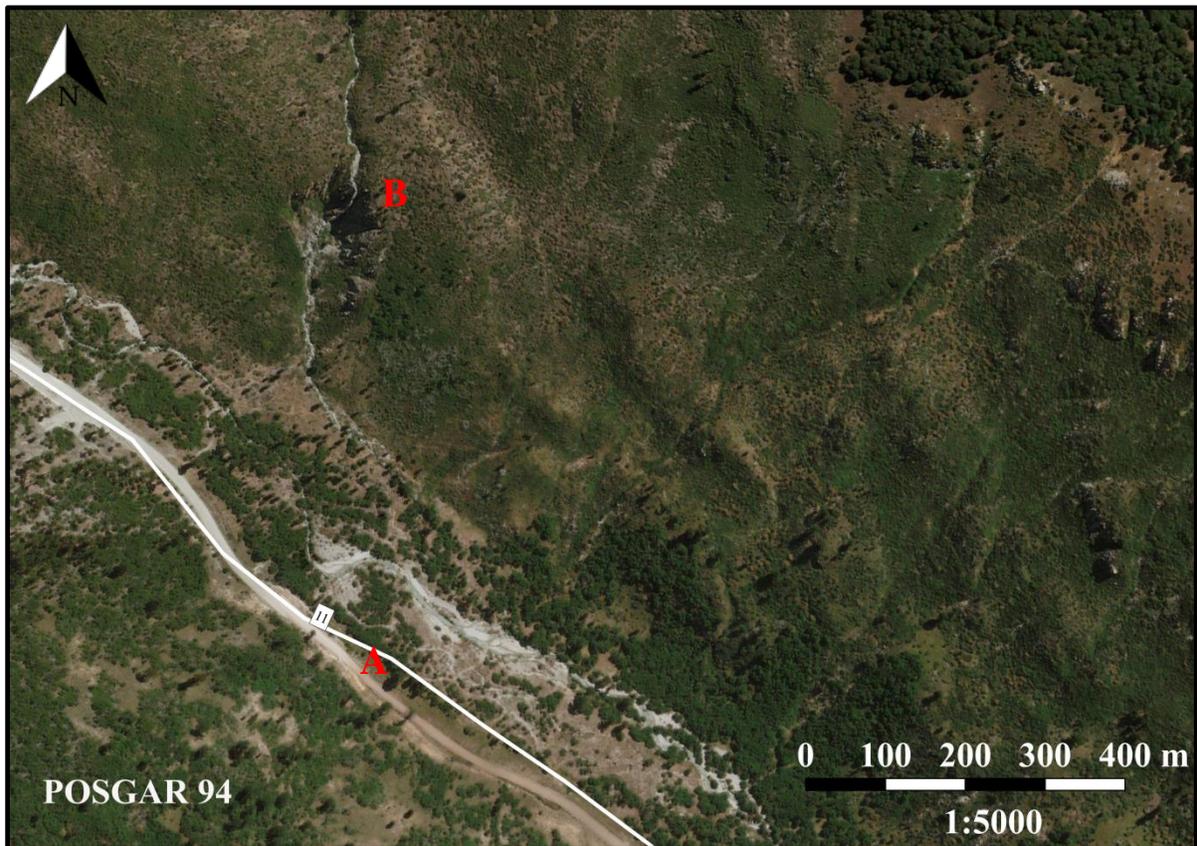


Fig.7.3.3. Imagen satelital de Qgis del LIG cascada Impodi con sus diferentes puntos de observación. (A) Mirador de la Base. (B) Mirador de la cumbre.

*A- Mirador de la base:*

Este punto de observación, ubicado en la base de una gran artesa glaciar sobre la Ruta Provincial N°11, permite apreciar a gran escala la imponente caída vertical de agua en el valle colgante, siendo este ideal para realizar una explicación preliminar del origen y tipo de geoforma asociado al LIG. Si se lo desea, se puede caminar por un sendero sencillo hasta la base de la cascada para obtener una visión más cercana de la misma y refrescarse en pozones de agua formados por procesos actuales de cavitación.

*B- Mirador de la cumbre:*

Desde el mirador de la cumbre de la cascada se puede divisar la continuidad del valle colgante en forma de U aguas arriba (Fig.7.3.4), con la respectiva forma característica de bordes profundos y ensanchados generados por el desgaste de un agente de transporte de alta capacidad erosiva (glaciar). Existen rocas en la cumbre desde donde se puede apreciar la caída vertical del agua, a su vez estas rocas le otorgan al LIG un alto potencial para el desarrollo de actividades turísticas extremas (rapel y escalada).



Fig.7.3.4. Valle afluyente en U asociado a la cascada Impodi con retrabajo de un cauce fluvial postglaciar.

Asimismo desde la zona alta de la cascada se pueden observar desde otra perspectiva los abanicos aluviales del LIG denominado “cerro Impodi”, donde se reconoce el abanico aluvial más vegetado (Fig.7.2.4) y el punto aproximado de coalescencia entre ambos abanicos. Sin embargo esta perspectiva no representa un punto de observación tan claro de un abanico aluvial como el anterior. También se puede obtener una primera panorámica de los paredones de Ñorquinco, en la que si bien no se observan con detalle las geoformas de disyunciones columnares, se puede tener una mirada de la dimensión total que estas geoformas volcánicas ocupan en el valle.

Existe más de un sendero que permite aproximarse hacia el pie de cascada y hacia la cumbre de la misma, este último recorrido posee una dificultad física media/alta.

#### 7.4 *Disyunciones columnares*

El presente LIG está asociado a grandes disyunciones columnares basálticas, denominadas comúnmente por los lugareños como “Farallón Cresta de Gallo”, las cuales se caracterizan por poseer una gran extensión areal e imponentes alturas de más 200 metros medidos con dron, por Martin Capel (guía turístico local), desde el punto de observación en la ruta. Las mismas se encuentran sobre la Ruta Provincial N°11 en las coordenadas 39°05′25,4″S y 71°19′23,8″O.

Pese a los grandes avances realizados a partir de múltiples investigaciones y experimentos, el origen de las disyunciones columnares en rocas ígneas sigue siendo una temática aún no definida con un alto grado de certeza. En la presente sección se extrajeron datos del trabajo de Rojas Sánchez y Pérez Osorio (2008) para abordar el tema.

Aunque actualmente no existe un acuerdo en cuanto a la génesis de las disyunciones columnares, hay cierto consenso en atribuir la formación de estas estructuras a un enfriamiento rápido producto del contacto del magma con un cuerpo de agua o hielo. El rápido enfriamiento genera un cambio en el volumen del cuerpo magmático. Este proceso está específicamente asociado a aquellos cuerpos magmáticos confinados, donde la contracción no está relacionada con el aplastamiento del cuerpo magmático al enfriarse.

Los valores para los elementos dimensionales de las disyunciones columnares son muy variados (Fig.7.4.1), sin embargo de las ocho disyunciones medidas se sacó el siguiente promedio:

- Cara de la columna : 70 centímetros
- Diámetro : 140 centímetros
- Fractura de tensión : 6 centímetros
- Longitud del prisma: 100- 150 metros
- superficie de crujimiento: Rectangular

Generalmente en la naturaleza estas estructuras prismáticas suelen ser hexagonales o pentagonales, aunque también pueden ser octogonales o triangulares. Sin embargo este último tipo de prisma es poco frecuente en la naturaleza, dado que el esfuerzo y energía necesarios para generar fracturas entre dos prismas es mayor a medida que menor sea el número de caras en el mismo. Es decir, que el desarrollo de prismas cuyas superficies de crujimiento (número de caras desarrolladas en las estructuras prismáticas) estén dispuestas en figuras geométricas con menos caras, conllevan un esfuerzo y energía de formación mayor. En el caso de las disyunciones columnares el tipo de geometría predominante son prismas rectangulares (Fig.7.4.3).

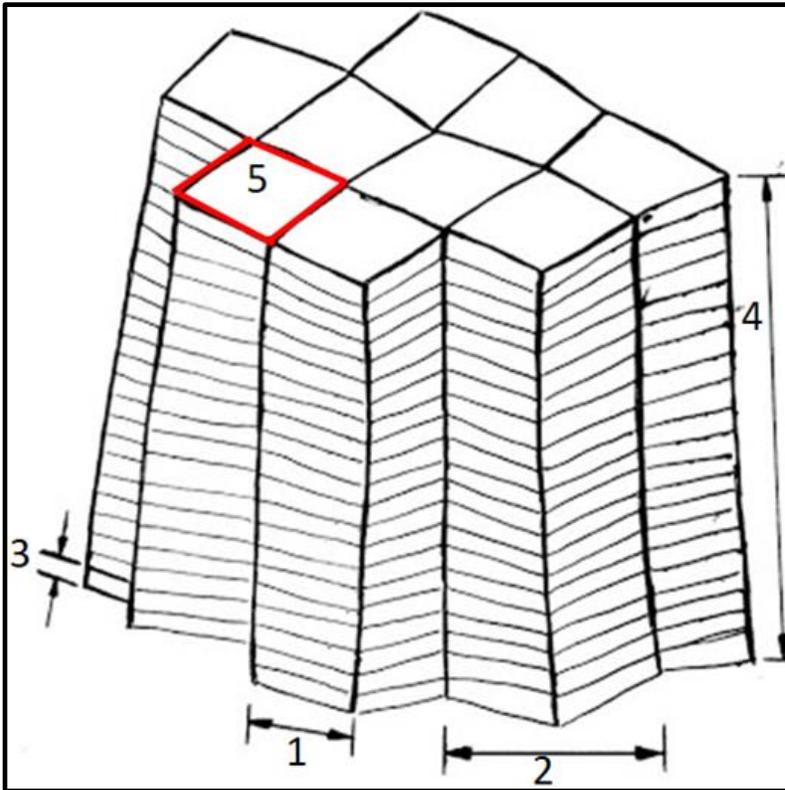


Fig.7.4.1. Elementos dimensionales b: 1= cara de la columna, 2= diámetro, 3= fractura de tensión, 4= longitud del prisma y 5= superficie de crujimiento. Fuente: elaboración propia, basado en Rojas Sánchez y Pérez Osorio, 2008.

Según Rojas Sánchez y Pérez Osario (2008), el desarrollo de prismas columnares está afectado por la temperatura, dimensiones y composición de los depósitos magmáticos. En cuanto al desarrollo del área de la superficie de crujimiento en la columna prismática, es ciertamente complejo y depende de varios factores y sobre todo diversas propiedades magmáticas. Sin embargo a partir de estudios y ensayos realizados se puede afirmar que la misma decrece a medida que aumenta el gradiente de enfriamiento.

Por otro lado, el gradiente de enfriamiento está asociado también al tipo de superficie de crujimiento que se desarrolla en los prismas. Existiendo superficies de crujimiento preferentemente pentagonales para gradientes de enfriamiento altos y superficies de crujimiento hexagonales para gradientes de enfriamiento bajos.

Según el modelo de Grossenbacher y McDuffie (1995) el desarrollo de las columnas prismáticas está asociado al proceso de nucleación de vértices polinominales, donde el centro de calor denominado VOPONUCE (Voronoi polynominal nucleated on the centroid) al enfriarse se contrae y desarrolla una primer fractura de crujido en la parte más distal a dicho centro de calor, generalmente correspondiente al punto más cercano a la fuente de enfriamiento.

De esta primera fractura o punto de disparo del crujido, el proceso de segmentación y formación de las caras de los prismas se continúa desarrollando mediante fracturas de

tensión (c) propias de los esfuerzos tensionales (P) generados por la contracción de enfriamiento (Fig.7.4.2). Muchas veces estos esfuerzos de contracción generan estrías en las rocas (Fig. 7.4.2).

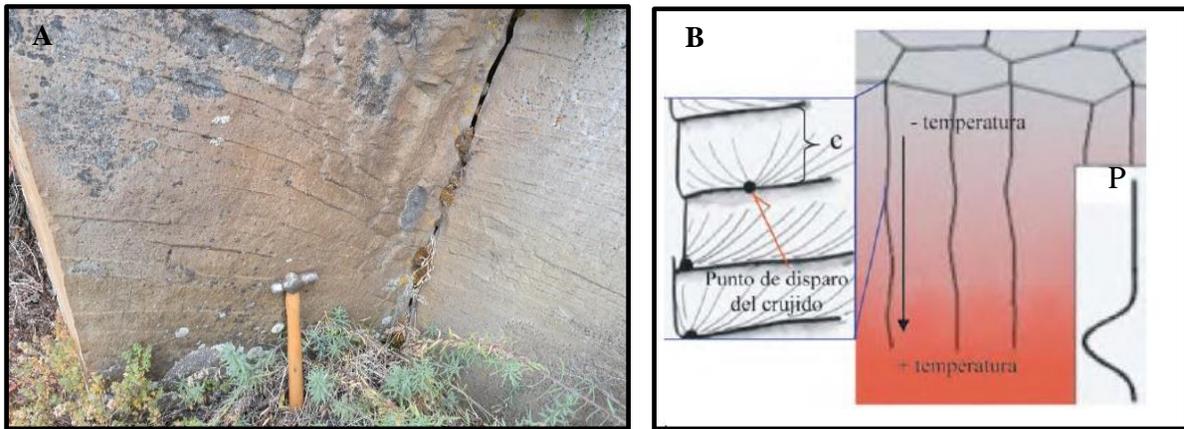


Fig.7.4.2. (A) Fracturas de tensión en disyunciones columnares. (B). Distribución del esfuerzo tensionante (P) asociado al enfriamiento rápido y detalle del proceso de crujido dentro de cada fractura de tensión (c) (modificado de Rojas Sánchez y Pérez Osorio, 2008).

Mientras el magma se enfría, aún en un estado plástico, se comienzan a generar esfuerzos que resultan en frentes de crujido de encogimiento y el desarrollo de múltiples puntos de calor (VOPONUCE). Dichos puntos evolucionan hasta formar superficies de separación cada vez más continuas en área y volumen, hasta el punto de combinarse para generar los elementos que determinan la geometría de las columnas prismáticas.

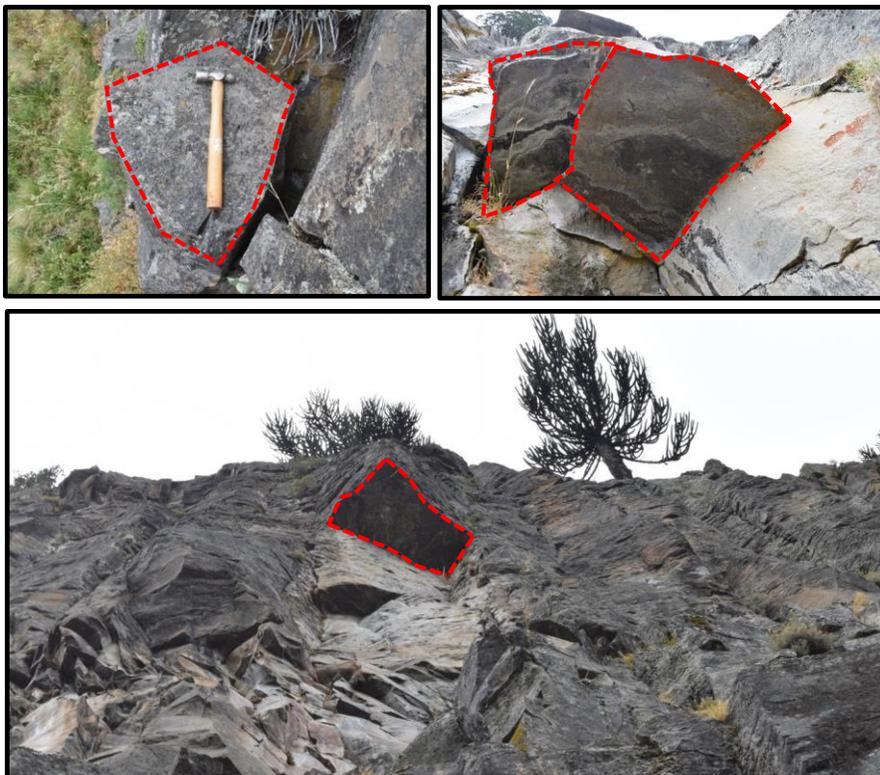


Fig. 7.4.3. Disposición de las rocas en prismas rectangulares en las disyunciones columnares de Ñorquingo.

El crecimiento de las disyunciones columnares en Ñorquinco suele ser vertical ya que las mismas se forman perpendiculares a la superficie del flujo. Sin embargo, existen sectores en los que las columnas se encuentran subverticales o deformadas (Fig.7.4.4). Esto se podría deber a una leve prolongación en el tiempo de enfriamiento del cuerpo magmático. La falta de solidificación en algún segmento de la columna permitiría que se formen dichas curvaturas o deformidades. Otra posible causa podría atribuirse a movimientos tectónicos intensos en el momento de solidificación de dichas estructuras.



Fig.7.4.4. (A) Disyunciones columnares verticales en Ñorquinco. (B) Disyunciones columnares subverticales deformadas en Ñorquinco.

Las rocas que integran las disyunciones columnares presentan un color grisáceo oscuro y son de composición máfica, la cual está integrada por fenocristales de olivino de tamaño fino, inmersos en una pasta afanítica con cristales de tamaño muy fino, equidimensionales de microlitas de plagioclasa y minerales oscuros.

En función a lo descrito, las rocas son del tipo holocristalina con textura intergranular asociadas a un muy rápido enfriamiento del cuerpo magmático perteneciente, en este caso probablemente a una colada de grandes dimensiones. Basándose en las observaciones petrográficas de las muestras y en la Hoja Geológica 3972-IV Junín de los Andes de Leanza y Cucchi (2005), podemos decir que el tipo de roca presente es probablemente un basalto perteneciente al Basalto Hueyeltué.

Según Martin Capel (guía turístico local) por encima de estas mesetas basálticas se encuentra un amplio y variado ecosistema, que debido a sus características topográficas resulta poco accesible para el hombre. Esta inaccesibilidad funciona como un aislante para ciertas especies animales y vegetales vulnerables a la actividad humana. Por encima de la meseta también se reconocen dos pequeñas lagunas de  $0,014 \text{ km}^2$  y  $0,0024 \text{ km}^2$  (Fig.7.4.5), cuyo origen podría llegar a estar asociado a un desplazamiento glaciar.

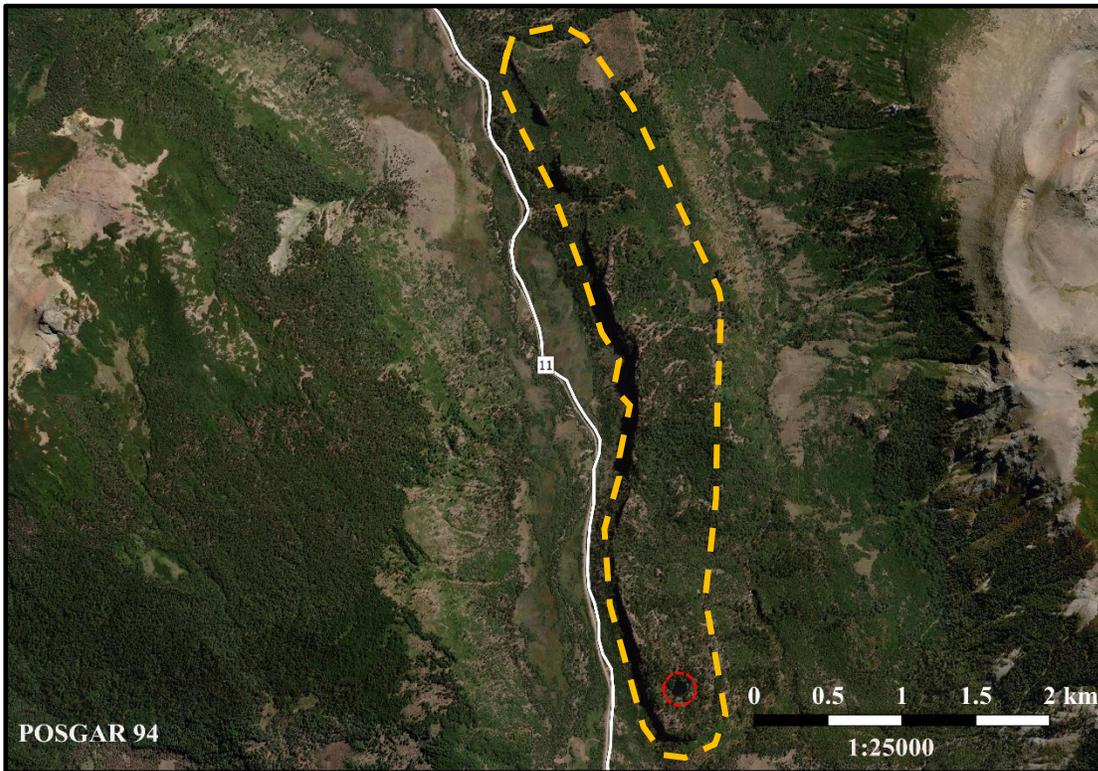


Fig.7.4.5. Imagen satelital de Qgis de las disyunciones columnares (línea punteada naranja) y lagunas asociadas (línea punteada roja).

Desde una perspectiva turística la accesibilidad a las disyunciones columnares es muy sencilla si se desea tener una apreciación panorámica de los paredones, dado que la misma puede realizarse incluso desde la Ruta Provincial N°11 (Fig. 7.4.6). Sin embargo, si se desea llegar al pie de la pared y observar los paredones desde su base, el camino resulta un tanto más complejo y hasta peligroso, por la falta de senderos.

Según Martin Capel (guía de turismo local) estos paredones son frecuentados normalmente por turistas que transitan la Ruta Provincial N°11, los cuales suelen mostrar un profundo interés en el origen de las disyunciones columnares. Esto posiblemente esté asociado a las imponentes dimensiones y representatividad de este tipo de geofomas en rocas basálticas.

Cabe señalar que en la base de ciertos sectores del paredón se encuentran bloques caídos asociados a procesos actuales de remoción en masa del tipo caída. A causa de esto es peligroso acercarse a la base de la escarpa, pero observados desde el punto de observación panorámico en la ruta son ejemplos representativos y didácticos para comprender procesos geomorfológicos gravitacionales.



Fig.7.4.6. Vista panorámica de los paredones con disyunciones columnares.

### 7.5 Cueva *Chenque*

La cueva *Chenque* en Ñorquinco es una cavidad natural poco visitada por turistas aunque muy conocida por los locales (Fig.7.5.1). El acceso a la misma se encuentra a 10 metros de la Ruta Provincial N°11 en las coordenadas 39°08'27,8''S y 71°16'5,6''O, siguiendo un sendero poco marcado y algo pronunciado.

Según Martín Capel (guía de turismo local) esta cueva funciona como hábitat para diferentes especies, principalmente insectos como la escolopendra gigante (ciempiés), la araña viuda negra y mamíferos como el murciélago peludo rojo y diversas especies de roedores.



Fig. 7.5.1. Vista desde adentro hacia afuera de la Cueva *Chenque*.

La cueva se encuentra por debajo de un amplio bosque con potencial para el desarrollo de futuras instalaciones destinadas al turismo (cestos de residuos, mesas, estacionamientos, baños, entre otras) y cuenta con una espectacular vista del Lago Ñorquinco.



Fig.7.5.2. Entrada a la Cueva *Chenque*.

Esta cueva posee dimensiones de 15 metros de ancho, 13 metros de profundidad y 4 metros de alto en sus secciones más profundas. Se observa una vertiente de agua en las paredes y el techo de la cueva provenientes de un nivel superior (zona de bosque), la cual puede estar atribuida a la propia humedad del suelo producto del régimen de precipitaciones en la zona. Asociado a dicha vertiente de agua se encuentran múltiples formaciones de sales en las paredes de la cueva (Fig.7.5.3).

La cueva está excavada mayormente en rocas volcánicas y en bloques sueltos en la parte más profunda de la cueva, los cuales podrían corresponder a depósitos glaciares fuertemente litificados (Fig.7.5.3). Sin embargo, son necesarios estudios más detallados para corroborar esta última afirmación.



Fig.7.5.3. Diferentes paredes y techo de la cueva Chenque.

Las rocas en la entrada de la cueva se encuentran ampliamente diaclasadas en planos subparalelos (Fig. 7.5.1). Estas rocas (Fig. 7.5.4) poseen un color predominantemente grisáceo oscuro de composición máfica integrada por fenocristales tabulares de plagioclasas euhedrales de tamaño medio en una pasta con abundantes microlitos plagioclasas subhedrales y minerales oscuros con cavidades primarias rellenas por vidrio volcánico. En la muestra también se reconocen manchas de alteración con óxidos. Por el contenido de cristales y vidrio volcánico (30%-80%) la muestra es hipocristalina con una textura hialoofítica, donde los cristales presentan un hábito esqueletal. Teniendo en cuenta estos datos, podemos asociar a la historia térmica de estas rocas un abrupto enfriamiento de un cuerpo magmático.

Basándose en las observaciones petrológicas se podría asignar esta roca a algún basalto cenozoico cercano a la zona de donde se recolectó la muestra. Existe una notable diferencia litológica entre el tipo de roca mencionada y los afloramientos descritos en la Hoja Geológica 3972-IV Junín de los Andes de Leanza y Cucchi (2005) para el sector de la cueva, probablemente asociada a la escala de trabajo.



Fig.7.5.4. Muestra de la roca que constituye la entrada de la cueva.

Desde un punto de vista turístico la cueva Chenque representa un relevante recurso geomorfológico con un posible interés histórico y cultural. Según Martin Capel (guía de turismo local) en esta cueva se encontraron relevantes restos arqueológicos como huesos humanos, puntas de flecha, una quitra (pipa tallada en piedra), huesos de mamíferos utilizados como utensilios. Estos restos proponen que la cueva podría haber funcionado como salamanca, zona de refugio y vivienda de comunidades indígenas, las cuales podrían haber practicado diferentes ceremonias y rituales con los objetos encontrados en la cueva. Lamentablemente gran parte de estos restos arqueológicos fueron saqueados y hasta en la actualidad no han podido ser recuperados. Sin embargo, no se descarta que en el subsuelo de la cueva puedan existir aún más restos arqueológicos de este tipo.

La situación actual de la cueva es preocupante dado al estado de conservación y la falta de gestión del lugar. Factores como el material del que está constituida la cueva, la humedad en las paredes y el uso indiscriminado del lugar hacen de esta cueva un sitio potencialmente peligroso para su explotación turística actual. Si bien la accesibilidad a la cueva no es sencilla, este lugar suele ser bastante frecuentado por arrieros con sus respectivos animales y por adolescentes locales. Estas visitas no controladas generan un importante impacto en el ecosistema y la estabilidad de la cueva. Muchas veces se encuentran residuos y restos de fogones y pelaje animal, así como autos estacionados en sectores próximos al techo de la misma, generando un inminente peligro de derrumbe.

### 7.6 Roca aborregada y bloque errático

El presente lugar de interés geomorfológico está asociado a geformas de erosión y acumulación de origen glacial, se encuentra a 5 metros de la Ruta Provincial N°11 camino a Ñorquinco en las coordenadas: 39°08'33,9''S y 071°12'51,8''O, dentro del camping Liwen (Fig.7.6.1).



Fig. 7.6.1. Camping Liwen, Ñorquinco.

Constituye un sitio fundamental para la comprensión del modelado glacial sobre el paisaje en el Pleistoceno, puesto que el mismo representa un punto en el fondo de un valle glacial o artesa evidenciado por la presencia de una roca aborregada muy bien conservada (Fig.7.6.2). También el LIG cuenta con un bloque errático por encima de dicha roca aborregada (Fig.7.6.2), prueba de la impresionante competencia del glaciar como agente de transporte.



Fig.7.6.2. Roca aborregada con bloque errático en el LIG.

“Las rocas aborregadas (roches moutonnées) son colinas alineadas, por lo general agrupadas, asimétricas, con la vertiente de menor pendiente con frecuencia pulida y estriada

y la otra constituida por una superficie irregular y fragmentada, a veces escarpada” (Gutiérrez Elorza, 2008). Dichas geoformas son el resultado de dos procesos erosivos glaciales: abrasión y arranque. Tienen la particularidad de poder indicar no sólo la dirección sino también el sentido en el que se desplazó el glaciar. Este desplazamiento va desde la superficie pulida de menor pendiente (cara de abrasión) hacia la superficie irregular de mayor pendiente (cara de arranque y transporte).

La génesis de estas geoformas no está del todo definida. La propuesta de Carol (1947), aplicada para hielos templados (a temperatura de fusión), explica la formación de una cara de abrasión (pendiente suave), y una de arranque (pendiente abrupta), producidas por un proceso de crioclastia. Al pasar por un obstáculo el glaciar aumenta su presión, comportándose como un agente semifluido. Este aumento de presión resulta en una disminución del punto de fusión, y por ende un derretimiento del hielo en el fondo del glaciar, lo que genera una fina lámina de agua que penetra por las diaclasas del lecho rocoso. En el segmento de mayor pendiente de la roca aborregada, la presión ejercida por el peso glaciar es ligeramente menor, permitiendo que el agua de fusión infiltrada en las diaclasas de dicha pendiente se recongele, aumentando el volumen y fracturando la roca en la que se encontraba contenida (Fig.7.6.3).

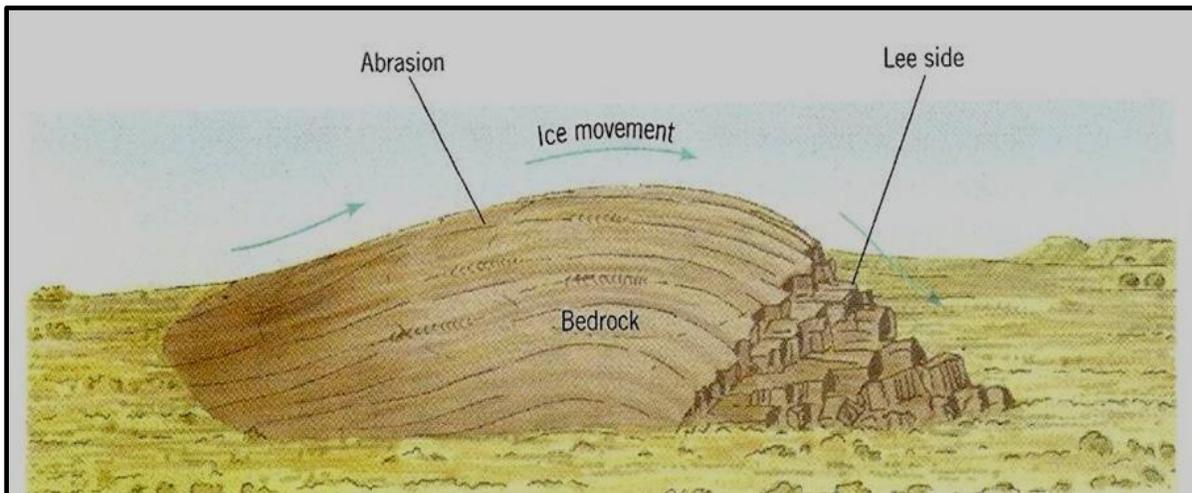


Fig.7.6.3. Procesos actuantes en la génesis de una roca aborregada (Strahler, A.H y Strahler, A.N, 1994).

Cabe destacar que existen numerosos rasgos erosivos y geoformas de erosión glaciar en el área de estudio, muchas de estas del mismo tipo que las geoformas aquí presentes. Sin embargo el excelente estado de conservación, ubicación (fondo de valle glaciar) y representatividad de la roca aborregada y el bloque errático, además de parámetros como frecuentación y accesibilidad del lugar, fueron los elementos fundamentales en los que se basó la selección del presente LIG. Esta roca aborregada posee dimensiones medidas de 22 metros de ancho, 38 metros de largo y 1,9 metros de alto, respetando un tamaño medio para este tipo de geoformas glaciares; sobre la misma se disponen varios juegos de diaclasas conjugadas. También se midió un promedio de 20° en la pendiente de abrasión y aproximadamente 60° en la pendiente de arranque.

Esta geoforma se encuentra muy bien preservada desde un punto de vista geomorfológico, dado que la degradación postglaciar de la roca en la cara de abrasión no fue tan acentuada, permitiendo que se conserven rasgos erosivos como acanaladuras y estrías glaciares (generados por masa de detritos transportada en la base del glaciar) (Fig.7.6.4) con rumbo predominantemente 75°, que permitió determinar que existió un desplazamiento hacia el ENE del glaciar en este sector.



Fig.7.6.4. Estrías y acanaladuras en roca aborregada.

Un comentario importante a destacar, basado en las observaciones de diferentes campañas de campo, es que se determinó que la mejor época (no invernal) para visualizar estas geoformas es en mayo (preferentemente de mañana por la luz solar) ya que contiene menos líquenes y se observan mejor las estrías.

Por encima de la roca aborregada se reconoce un bloque errático (Fig.7.6.5). Los bloques erráticos son rocas de diversos tamaños que han sufrido un desplazamiento producto de un agente de alta competencia de transporte como el hielo de los glaciares. Los desplazamientos pueden ser del orden de unos pocos metros a varios kilómetros, es muy frecuente que el tipo de roca del bloque errático difiera del sustrato donde se encuentra apoyado.



Fig. 7.6.5. Bloque errático por encima de roca aborregada.

Los bloques erráticos surgen de la erosión generada por el glaciar alpino en laderas rocosas, donde el desplazamiento glaciar socava dichas laderas al punto de generar grandes desprendimientos y avalanchas de rocas sobre el glaciar. Estos bloques son transportados sobre el glaciar pendiente abajo, cuando, producto de un aumento de temperaturas o falta de nevadas, el glaciar se retrae pendiente arriba, deja bloques de grandes tamaños apoyados sobre rocas no necesariamente del mismo origen y composición.

El bloque errático analizado tiene una altura de 1,4 metros y ancho de 2,5 metros. El tipo de roca analizada difiere de la roca aborregada. El mismo posee un alto grado de esfericidad y un redondamiento medio con cantos subangulosos e irregulares.

Las muestras recolectadas en este LIG son de dimensiones pequeñas ya que se buscó dañar lo menos posible a las geoformas. La primera pertenece a una esquirla del bloque errático (Fig.7.6.6), esta presenta colores rosados y grisáceos en un sector, donde una pasta cristalina oscura enmascara la textura y componentes originales de la roca. Pero se nota que su composición original es félsica y está constituida principalmente por cuarzo y mica biotita. Esta muestra es holocristalina e inequigranular, dado que más del 90% de la misma está compuesta por cristales cuyos tamaños son mayores como los cuarzos y micas biotitas. La misma tiene una textura granosa con un desarrollo subhedral en los cristales de cuarzo y euhedral en las micas biotitas. Estos parámetros dan indicios de una historia de enfriamiento relativamente lenta en la roca original, posiblemente asociada a un cuerpo ígneo globoso. En base a esta descripción se podría correlacionar el bloque errático con rocas graníticas o granodioritas asociadas a la intrusión de la Granodiorita Paso de Icalma del Cretácico superior.

La muestra perteneciente a la roca aborregada (Fig.7.6.6) es de color oscuro grisácea, con un tamaño de grano fino. Los componentes que se pueden observar con la lupa petrográfica son abundante mica biotita, cuarzo, clorita y varios óxidos. La misma presenta una textura

esquistosa donde se aprecia una suave exfoliación. Según la descripción petrológica de Hoja Geológica 3972–IV Junín de los Andes, Provincia del Neuquén (Cucchi y Leanza, 2005) el área del LIG está constituida por rocas ígneas de la intrusión de la Granodiorita Paso de Icalma, sin embargo, cercano al LIG se encuentran antiguas rocas metamórficas del basamento de la Fm. Colohuincul. Dado las características petrológicas observadas en la lupa, es probable que el sustrato rocoso al que pertenece la roca aborregada corresponda a un esquistos de la Fm. Colohuincul quedando abierta la presente observación petrológica para estudios de mayor profundidad sobre la estratigrafía de la zona y su respectiva distribución areal.

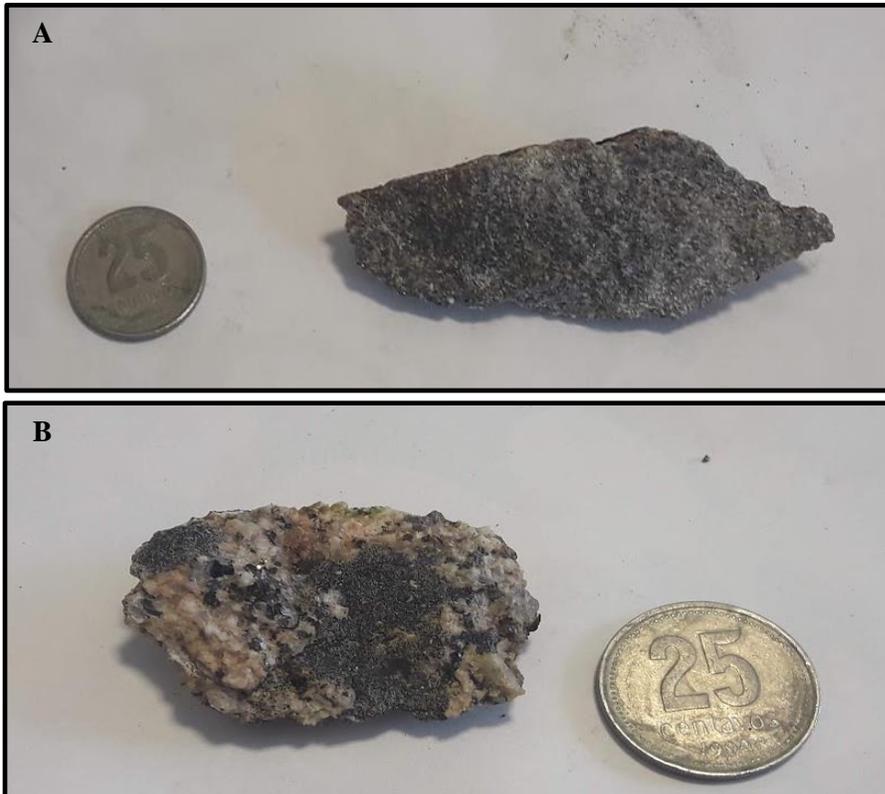


Fig.7.6.6. (A) Muestra de roca aborregada. (B) Muestra de bloque errático.

Desde un enfoque turístico observamos que el presente LIG posee una fácil accesibilidad y relativamente alta frecuentación (asociada al movimiento del camping), lo que implica un mayor potencial como recurso turístico. Los actuales concesionarios del Camping Liwen se mostraron abiertos a permitir un acceso libre y gratuito para las observaciones del LIG. Por otro lado, si se desea descansar, el camping consta de múltiples servicios y comodidades como costa al lago, despensa, wifi, baños con agua caliente y pileta.

Las geoformas glaciares aquí presentes, dado su alto grado de conservación y representatividad, son un valiosísimo recurso geomorfológico y turístico. Si bien es frecuente encontrar rocas erosionadas por acción de los glaciares, la presencia del bloque errático encima de ella constituye un rasgo muy difícil de encontrar en estos paisajes.

## **8. Resultados, recomendaciones y conclusiones**

### *8.1 Resultados de la evaluación de los LIG*

Los valores globales muestran que todos los lugares de interés geomorfológico seleccionados poseen valores altos como recursos con potencial geoturístico, a excepción de la cueva Chenque cuya valoración global se deduce en un potencial medio (tabla 8.1.1 y Fig.8.1.1). Este potencial medio está fuertemente ligado a los valores bajos obtenidos en la valoración de uso y gestión asociados principalmente al estado de conservación y los potenciales riesgos de degradación en la cueva.

Los valores intrínsecos altos corresponden a los LIG denominados cerro Batea Mahuida y roca aborregada y bloque errático, mientras que los valores intrínsecos medios están asociados a los restantes LIG (cerro Impodi, cascada Impodi, disyunciones columnares, cueva Chenque).

Respecto al parámetro denominado “morfología” en los LIG, se observa un claro predominio de las geoformas de erosión (preferentemente glaciár), sobre las geoformas de acumulación. En cuanto a las geoformas de acumulación se incluyen morenas, bloques erráticos, abanicos aluviales y barras de acreción lateral fluviales.

Si bien en muchos de los LIG existen procesos actuales observables como la meteorización física, socavamiento por caída de agua, formación de sales y remoción en masa, los procesos heredados tienen una mayor importancia, representatividad y rareza en todos los LIG.

En cuanto a las estructuras presentes en los LIG, se observa un claro predominio de estructuras ígneas y metamórficas sobre las sedimentarias. Esto está asociado al hecho de que los LIG están constituidos preferentemente por rocas ígneas y metamórficas.

La evaluación de los valores añadidos representó una dificultad dado el carácter subjetivo de muchos de los parámetros presentes, para los cuales se consultó a informantes calificados locales para mitigar posibles errores. De la presente evaluación se obtuvieron valores elevados para todos los LIG a excepción de la cueva Chenque cuya valoración es media.

Con respecto a los elementos culturales, dentro de la evaluación de los valores añadidos, se concluyó que la cueva Chenque y el cerro Batea Mahuida poseen valores culturales elevados asociados principalmente a comunidades mapuches, a diferencia de los restantes LIG (el cerro Impodi, la cascada Impodi, las disyunciones columnares y la roca aborregada) cuyos valores culturales son nulos o desconocidos.

Dentro de esta etapa, teniendo en cuenta la valoración paisajística y estética, se consideró al cerro Batea Mahuida y a las disyunciones columnares como los LIG con mayores y mejores elementos estéticos y paisajísticos.

En la evaluación del parámetro de elementos didácticos en valores añadidos, en términos generales, se obtuvieron valores altos dado que las geoformas presentes representan ejemplos excepcionales donde se puede explicar de forma didáctica y pedagógica la morfología y los procesos genéticos que dieron lugar a las mismas, a excepción de la cueva Chenque cuyo proceso genético de formación resulta complejo y aún no está definido.

En cuanto a los valores obtenidos en la evaluación de los LIG como elementos científicos, en general, fue relativamente alta y variada, dado que los valores de representatividad, rareza y significación científica varían ampliamente de un lugar a otro.

En la valoración de contenido turístico, al igual que en la valoración de elementos culturales, también se consultó a Martin Capel (guía de turismo local). De esta valoración se obtuvo que generalmente los valores del parámetro denominado como “contenido turístico real” son bastante más bajos que los valores obtenidos en el parámetro denominado “atracción turística (potencial)”. Esta diferencia de valores obtenidos entre ambos parámetros se asocia a una importante falta de desarrollo turístico en los LIG presentes, exceptuando al cerro Batea Mahuida cuyo desarrollo actual turístico es ya muy importante.

Los valores obtenidos en la evaluación de uso y gestión se muestran muy altos en todos los LIG a excepción de la cueva Chenque y el cerro Batea Mahuida cuyos valores son medio y alto respectivamente.

De los valores obtenidos en la evaluación de uso y gestión se demuestra que en términos generales los LIG evaluados poseen poco riesgo de degradación, ya sea por factores antrópicos, asociados al potencial desarrollo de actividad turística en los LIG, o factores naturales, asociados a procesos erosivos y posibles eventos naturales desencadenantes. Sin embargo, la cueva Chenque representa una excepción, dado que el estado de conservación actual y los potenciales riesgos de degradación son parámetros preocupantes a tener en cuenta. Dicho estado de conservación está asociado a los impactos de la actividad antrópica actual en el lugar (ganadería) y esencialmente a las características intrínsecas de la cueva. Según el presente trabajo, se determinó que la cueva Chenque actualmente no se encuentra en condiciones óptimas para el desarrollo de actividades turísticas in situ, situación que se ve reflejada en el valor medio obtenido para la etapa de evaluación de uso y gestión. El desarrollo turístico actual de actividades en la cueva podría resultar en daños irreparables para el LIG. Sin embargo esto no quita que en un futuro a partir de estudios y toma de medidas de protección, se puedan desarrollar actividades turísticas sustentables.

Por otro lado, la evaluación de uso y gestión muestra que, en términos generales, los LIG poseen una frecuentación media a elevada y accesos relativamente sencillos para el público general, a excepción de la cueva Chenque y algunos puntos de observación dentro de los LIG cerro Batea Mahuida y cascada Impodi, cuyos senderos tienen una dificultad media. Sin embargo, pese a lo antedicho la realidad es que muchos de estos LIG pasan desapercibidos para la mayor parte del público que transita estos lugares.

*Tabla de resultados obtenidos*

N°LIG	Valor intrínseco	Valor añadido	Valor de uso y gestión	Valor global
1-Cerro Batea Mahuida	<b>25</b>	<b>39</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
2-Cerro Impodi	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>27,7</b>
3-Cascada Impodi	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>37</b>	<b>29</b>
4-Disyunciones columnares	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>39</b>	<b>30,7</b>
5-Cueva Chenque	<b>19</b>	<b>30</b>	<b>18</b>	<b>22,3</b>
6-Roca aborregada y bloque errático	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>37</b>	<b>29,7</b>

Tabla.8.1.1. Tabla de valores intrínsecos, añadidos, de uso y gestión y globales para los diferentes LIG.

En los gráficos de barra (Fig 8.1.1) se observa que, en términos generales, los valores de uso y gestión son más altos que los valores intrínsecos y añadidos. Esta distribución de valores puede estar asociada a que en el presente trabajo (como se explicó con anterioridad en la etapa de documentación) los parámetros de valor de uso y gestión fueron elementos fuertemente tenidos en cuenta a la hora de realizar la selección de los LIG. Exceptuando a esta distribución se encuentran la cueva Chenque y el cerro Batea Mahuida, cuyos valores de uso y gestión son más bajos en relación a los valores añadidos y/o intrínsecos.

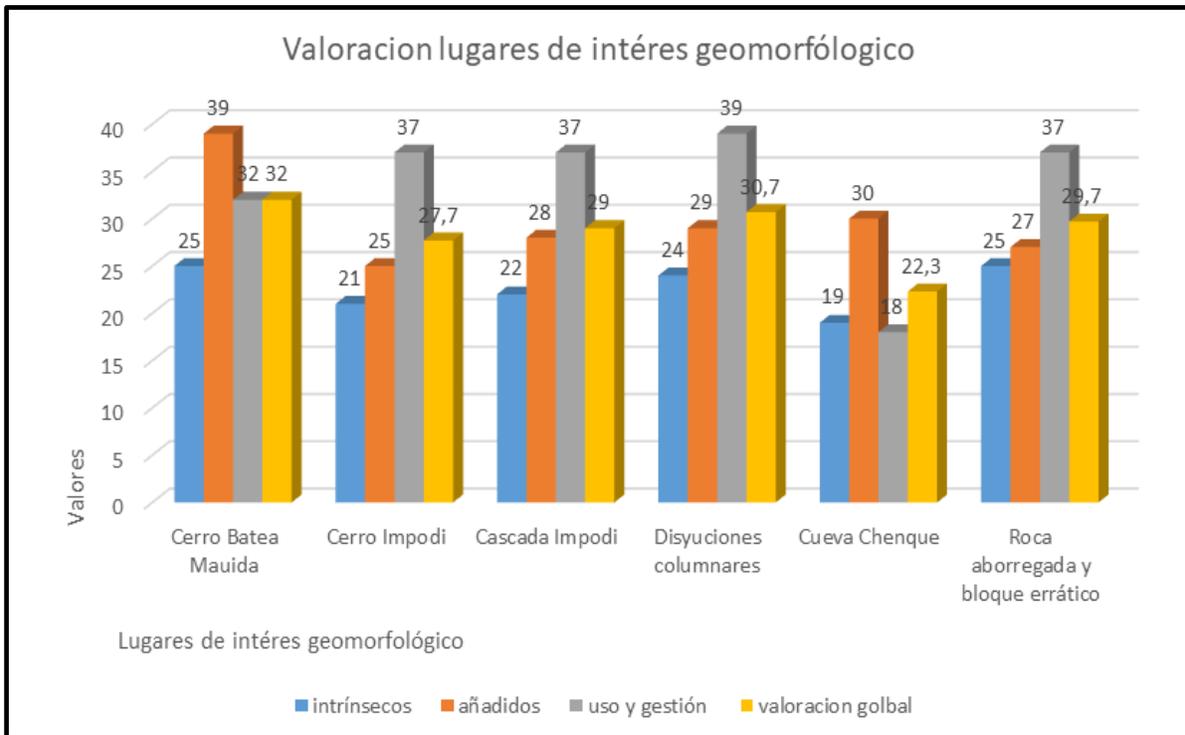


Fig.8.1.1. Gráfico de barras de los valores intrínsecos, añadidos, de uso y gestión y globales para los diferentes LIG.

## 8.2 Mapa de los LIG con potencial geoturístico

En función a los resultados obtenidos se realizó un mapa con los diferentes LIG y sus respectivos potenciales como recursos geoturísticos (Fig 8.2.1). El mapa consta de una imagen satelital donde se colocó un gráfico circular para cada LIG, señalando sus respectivos valores intrínsecos, añadidos y de uso y gestión. Por otro lado, el diámetro del círculo en cada gráfico de torta está asociado al valor global del LIG al que corresponde.

Esta imagen representa una herramienta de gran utilidad para el lector, dado que permite una visualización integral de los LIG que contemple tanto la distribución y localización de los mismos como también sus respectivas valoraciones.

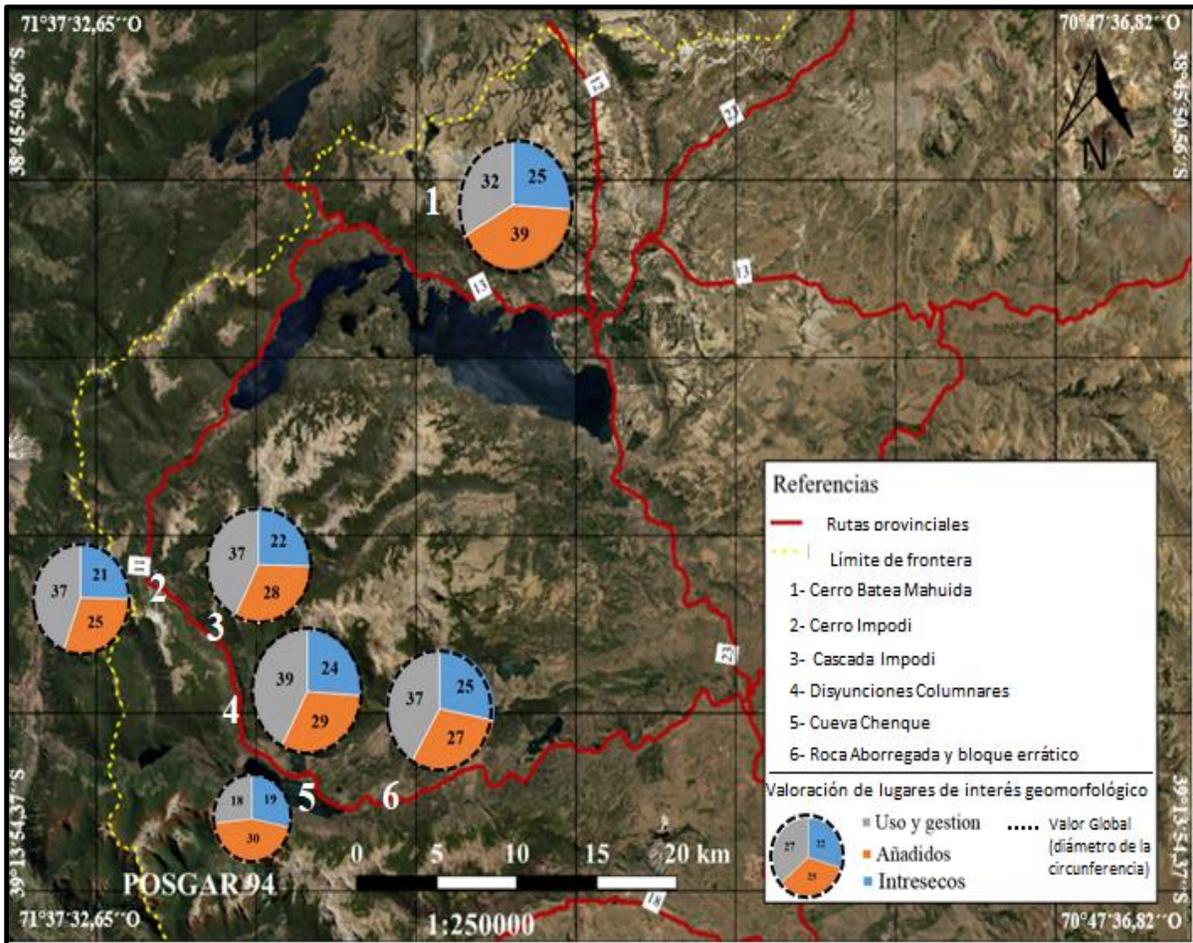


Fig. 8.2.1. Mapa de lugares de interés geomorfológico en la zona de Villa Pehuenia y alrededores, basado en la metodología de Serrano et al. (2009).

### 8.3 Recomendaciones

En función a los estudios realizados se proponen las siguientes recomendaciones para los diferentes lugares de interés geomorfológico:

*Cerro Batea Mahuida:* este LIG es el que se encuentra más adaptado y preparado para su aprovechamiento turístico, dado que consta de sendas marcadas, infraestructura, cartelera, caminos vehiculares (incluso hasta la cumbre si se dispone de vehículo 4x4) y personal abocado al cuidado, gestión y mantenimiento del lugar.

Sin embargo, para un correcto aprovechamiento de los recursos geoturísticos de índole geomorfológico, se recomienda la implementación de cartelera explicativa. Por un lado carteles en el mirador de “Las Antenas” con una foto panorámica o satelital acompañada de un texto donde se indique el desplazamiento de los glaciares en la zona y el punto en que se encuentra el observador. Por otro lado, sería conveniente poner cartelera en la laguna del cerro Batea Mahuida, explicado con esquemas didácticos y textos el origen de dicha laguna y del circo glaciar asociado, así como datos del recorrido, dificultad y tiempo estimado del

trekking a la cumbre del cerro Batea Mahuida. Finalmente sería de utilidad poner un cartel en la cumbre donde se indiquen e identifiquen con fotografías los diferentes aparatos volcánicos (Volcanes Lanín, Llaima, Lonquimay y Copahue) que se observan desde la cima.

Cerro Impodi: este LIG representa un punto panorámico de observación de los abanicos, ubicado en la banquina al costado de la ruta. Es debido a la escala de las geoformas aquí presentes que lo más conveniente es realizar el aprovechamiento del LIG desde la ruta donde en mejor detalle se observan los abanicos aluviales.

Para esto se recomienda realizar en el punto de observación un sector de estacionamiento junto con una instalación tipo deck o plataforma, donde haya binoculares fijos y cartelería con textos, fotografías y/o esquemas ilustrativos para poder identificar y entender la presente geoforma y su proceso de génesis. Asimismo se recomiendan la instalación de mesas, bancos y cestos de basura para que el lugar represente no solo un punto de observación geomorfológico, sino también un punto de recreación y descanso.

Cascada Impodi: esta cascada posee un elevado valor como recurso paisajístico, científico y pedagógico. Estas y otras cualidades como accesibilidad y propiedades intrínsecas del lugar, le otorgan un notable potencial como recurso turístico. Para su correcto aprovechamiento se recomienda la realización de una zona de estacionamiento así como la implementación de cartelería al costado de la ruta que indique a partir de textos, fotografías y/o esquemas las geoformas presentes así como los procesos genéticos involucrados en las mismas. Por otro lado, se recomienda incluir en el cartel el recorrido, dificultad y tiempo estimado del sendero de trekking para llegar arriba de la cascada. Al ser un sector poco impactado por la actividad antrópica, se recomienda realizar cartelería en la senda enfocada al conocimiento y protección de la flora y fauna local. Una vez arriba en la zona de caída de la cascada sería de utilidad realizar instalaciones de índole similar a las propuestas en el cerro Impodi; agregando a dicha plataforma o deck alguna protección (barreras, cercos o mallas) para seguridad de los turistas.

Disyunciones columnares: las disyunciones columnares poseen un alto valor desde el punto de vista científico y pedagógico. Estas y otras cualidades hacen de este LIG un recurso natural de elevado potencial turístico. Pese a que este LIG es visitado por locales, posiblemente no se le da el aprovechamiento que podría tener. Para un correcto aprovechamiento y utilización turística sustentable, se recomienda la realización de una zona de estacionamiento así como cartelería que explique de forma didáctica con fotografías, esquemas y textos los tipos de geoformas presentes con sus respectivos procesos genéticos asociados. Por otro lado, se sugiere la implementación de instalaciones tipo deck o plataformas similares a las comentadas anteriormente.

Cueva Chenque: esta cueva posee un elevado valor científico y añadido del tipo cultural, representa no solo una rareza desde el punto de vista geomorfológico, sino un potencial sitio con restos arqueológicos enterrados. Sin embargo, la cueva se encuentra en un lugar de

sísmica moderada (según INPRES) y está constituida por un material litificado por donde vierte agua; lo que significa un mayor número de factores desencadenantes y condicionantes para un posible derrumbe. Otro hecho considerable a destacar es que el área de estacionamiento para el acceso a la cueva se encuentra topográficamente muy cercana al techo de la misma, pudiendo resultar en un peligro inminente para la estabilidad de la misma. Por otro lado, en la cueva existen especies muy sensibles a la actividad antrópica, siendo este otro punto fundamental a tener en cuenta para el aprovechamiento sustentable y ecológico del lugar.

Según lo antedicho, pese a ser la cueva un lugar de interés geomorfológico de potencial medio, se recomienda no solo la no explotación turística actual del lugar sino la toma de medidas de conservación natural y cultural. Dentro de estas medidas se destacan estudios biológicos, arqueológicos y geotécnicos de estabilidad, así como la restricción de visitas al lugar cercando el mismo (principalmente el área de estacionamiento). De esta forma, se busca preservar el lugar y, si los estudios son favorables, realizar una correcta utilización turística sustentable.

*Roca aborregada y bloque errático*: este LIG posee un elevado valor como recurso científico y pedagógico, dado al carácter muy bien preservado en las geoformas aquí presentes. Por otro lado, debido a su accesibilidad y a las comodidades y servicios proporcionados por el Camping Liwen representa un punto con elevado potencial para su utilización y gestión turística. Sin embargo, dicho recurso pasa desapercibido para la mayoría de los visitantes, por lo que se recomienda la implementación de cartelería con textos y esquemas que ilustren de forma didáctica el tipo de geoformas y los procesos de genéticos asociados.

#### *8.4 Georuta propuesta*

En base a los resultados obtenidos en las valoraciones, así como los gráficos y conclusiones realizadas, se elaboró una georuta (Fig 8.4.1). La misma busca fomentar el desarrollo actual y/o futuro de actividades turísticas destinadas a la utilización de los LIG estudiados en el presente trabajo. Nótese que en la misma no está incluido el LIG denominado cueva Chenque, puesto que como ya se aclaró con anterioridad, este no se encuentra en condiciones óptimas para una actual utilización con fines turísticos.

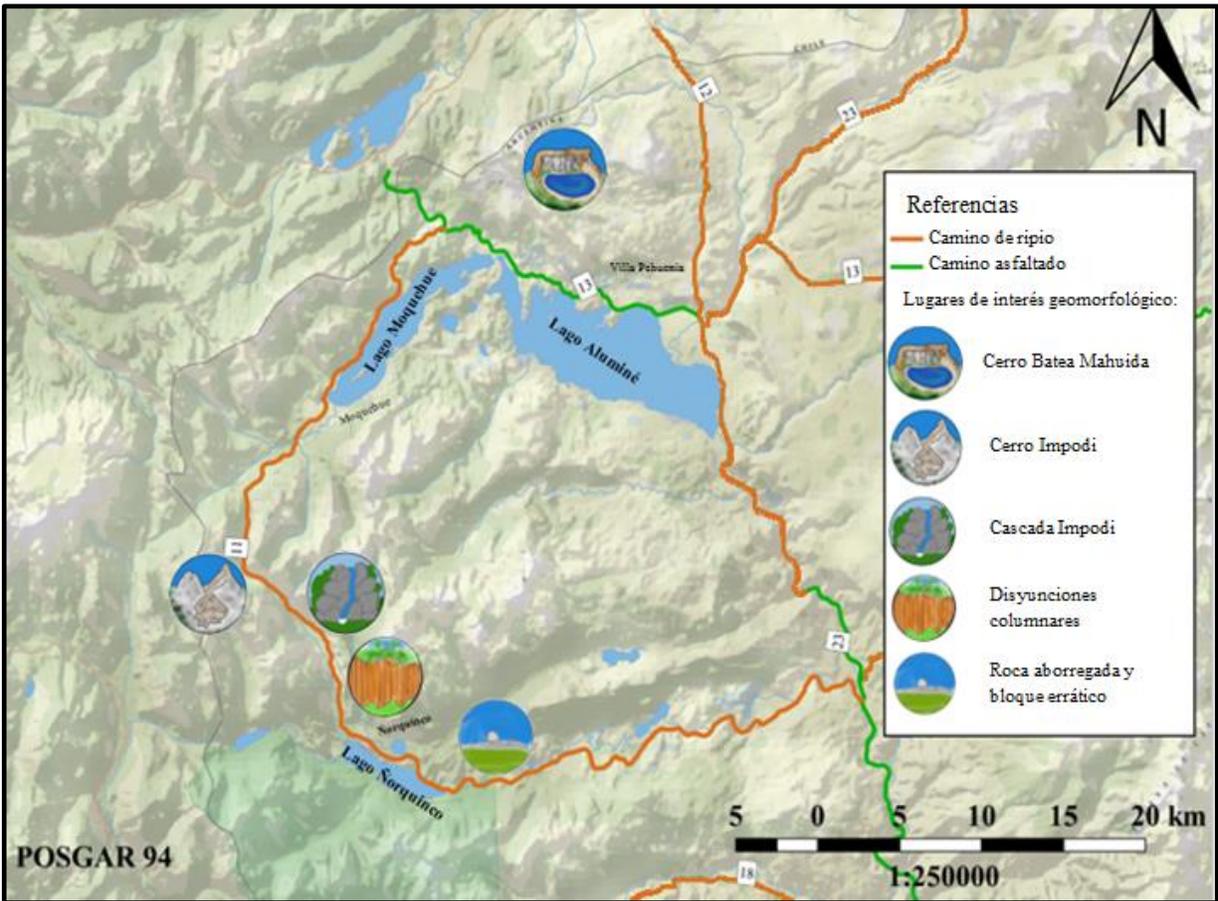


Fig. 8.4.1. Georuta propuesta.

### 8.5 Conclusiones

Como conclusión del presente trabajo se puede afirmar que en la zona asociada al Circuito Pehuenia predominan las geformas de origen glaciar y más específicamente aquellas asociadas a procesos erosivos. Este hecho está relacionado a la intensa actividad glaciar en el modelado del paisaje regional durante el Cuaternario. Dentro de las geformas de origen glaciar se destacan los circos, aristas, artesas, lagos, valles colgantes y rocas aborregadas como geformas características y representativas de la zona del Circuito Pehuenia. Por otro lado, existe un fuerte componente en la geomorfología del área de estudio asociado a la actividad volcánica. Las geformas volcánicas aquí presentes corresponden a coladas lávicas de variadas edades y a disyunciones columnares de gran magnitud. En menor proporción, se pueden reconocer geformas más modernas asociadas a procesos gravitatorios y de acumulación fluviales y aluviales como los abanicos y deltas.

Existen múltiples lugares de interés geomorfológico con un alto potencial como recurso turístico, entre los que destacan el cerro Batea Mahuida y las disyunciones columnares. Ninguno de los lugares de interés geomorfológico estudiados muestran valores bajos en las

categorías evaluadas (valores intrínsecos, añadidos y de uso y gestión), por lo contrario estos elementos naturales contienen elevados valores como recursos turísticos desde más de una perspectiva. Por lo antedicho podemos confirmar desde un punto de vista científico el elevado potencial geoturístico de las regiones que bordean los lagos Aluminé, Moquehue y Ñorquinco. Sin embargo, pese al elevado potencial de los LIG como elementos geoturísticos, ninguno de los mismos son utilizados en ese sentido por la actividad local, generalmente por desconocimiento o falta de información.

Para mitigar esa falencia, como parte de la comunidad científica podemos estudiar y difundir este tipo de conocimientos geológicos a la sociedad. Dado que las ideas no compartidas son ideas olvidadas. Por otro lado, el presente trabajo pretende ser además de un elemento de divulgación científica, una herramienta útil para el desarrollo del turismo geológico por parte de la población local.

Dado que la actividad económica primordial de la zona está destinada al turismo, es que el conocimiento, puesta en valor y correcta utilización y gestión de los LIG representan un factor adicional para sustento de vida de los lugareños y favorecen el reconocimiento y valoración social de los elementos geomorfológicos como parte del patrimonio natural. Este tipo de análisis permiten no solo compartir el conocimiento geomorfológico de un lugar, sino también generar conciencia sobre la fragilidad y las medidas de protección para los mismos.

La metodología utilizada se pudo ajustar adecuadamente al área de estudio, permitiendo obtener resultados relativamente objetivos asociados al potencial geoturístico de los diferentes LIG evaluados. A raíz de estos resultados, podemos estimar una elevada potencialidad y efectividad del método para futuros estudios geoturísticos la zona.

Por último cabe mencionar que el territorio argentino y la provincia de Neuquén, a partir de su historia y características geológicas, poseen una amplia y potencial gama de paisajes y elementos geomorfológicos donde se podrían realizar este tipo de estudios, los cuales permitirían un desarrollo en mayor profundidad de la rama del turismo abocada al patrimonio geológico.

## 9. Bibliografía

- Arche, A. (2010). Sedimentología del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Madrid, España. Consejo superior de investigaciones científicas.
- Carol, H. (1947). The formation of roches moutonées. Journal of Glaciology. Vol. 1.
- CLIMATE-DATA.ORG. disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/argentina/neuquen/villa-pehuenia-506322/>
- Cucchi, R., y Leanza, H. (2005). Hoja Geológica 3972-IV Junín de los Andes, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 357.
- Danieli, J.C., Carbone, O., Franchini, M., Garrido, A., Gingsins, M., Leanza, H.A. (2011). Sitios de Interés Geológico. En: Leanza H., Arregui C., Carbone O., Danieli J., Vallés J.M. Relatorio de XVII Congreso Geológico Argentino. Geología y recursos naturales de la provincia de Neuquén. Cap. 76. p.p. 881
- Di Nicolo, C.A. (2018). Análisis de la Actividad Turística y sus Efectos Ambientales. El caso de Villa Pehuenia-Moquehue, Provincia del Neuquén. (Doctorado). Universidad Nacional de La Plata.
- Duval, V.S., y Campo, A.M. (2018). Patrimonio geomorfológico y geodiversidad en las Sierras de Lihué Calel (Argentina). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, Vol. 79.
- Galli, C.A. (1969). Descripción Geológica de la Hoja 35 a, Lago Aluminé, provincia del Neuquén. Carta Geológico-Económica de la República Argentina. Escala 1:200.000. Servicio Nacional Minero Geológico. Boletín 108.
- González Amuchastegui, M.J., Serrano Cañadas, E., Gonzales Garcia, M. (2014). Lugares de interés geomorfológico, geopatrimonio y gestión de espacios naturales protegidos: el Parque Natural de Valderejo (Álava, España). Revista de geografía Norte Grande 59.
- González Díaz, E.F., y Di Tommaso, I. (2010). Geomorfología de la región de los lagos Moquehue y Aluminé: consideraciones acerca de las propuestas calderas Meseta del Arco y Nacimientos del Aluminé Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina, Vol. 66, n3.
- González Trueba, J., y Serrano Cañadas, E. (2008). La valoración del patrimonio geomorfológico en espacios naturales protegidos. Su aplicación al parque nacional de los picos de Europa. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 47.
- Groeber, P. (1946). Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. 1. Hoja Chos Malal. Revista de la Sociedad Geológica Argentina, Vol.1, n2.

- Grossenbacher, K.A., McDuffie, S.M. (1995). Conductive cooling of lava: columnar joint diameter and stria width as functions of cooling rate and thermal gradient: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol.69, n1.
- Gutiérrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología*, Madrid, España. PEARSON Educación, S.A.
- Hose, T. A. (1995). Selling the Story of Britain's Stone. *Environ. Interpret.*, Vol.10, n2.
- Ibañez Palacios, G.P., Ahumada, L.A., Toledo, A., Páez, S.V. (2018). Cuantificación del patrimonio geológico de una potencial georuta interpretativa en la sierra de Santa Victoria, Salta, Argentina. *Pasos. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*. Vol.16, n3.
- Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES). Mapa de zonificación sísmica. <http://contenidos.inpres.gov.ar/acelerografos/Reglamentos#Zonificaci%C3%B3n%20S%C3%ADsmica>
- Leanza, H.A., Cucchi, R. (2005). Hoja Geológica 3972-IV Junín de los Andes, provincia de Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 357.
- Marenzana, N.L. (2003). El turismo en una Comunidad Mapuche: sus Impactos Sociales y Culturales según la percepción de la Comunidad Mapuche Puel- Villa Pehuenia-Aluminé. Provincia del Neuquén. Patagonia Argentina. II Congreso Internacional de Turismo Cultural NAYA: Internet, Buenos Aires.
- Mikkan, R. (2016). Patrimonio geomorfológico, identificación y valoración de sitios de importancia geomorfológica. XI jornadas de Geografía Física.
- Miranda, F., Lema, H. (2013). Panorama actual del patrimonio geológico en Argentina. *Boletín paranaense de geociências* 70.
- Monroe, J; Wicander, R; Pozo, M. (2008). *Geología. Dinámica y evolución de la Tierra*. 4ª ed. Ed. Paraninfo. Madrid. España.
- Naranjo, J.A; Emparan, C; Moreno, H; Murphy, M. (1993). Volcanismo explosivo reciente en la caldera del volcán Sollipulli, Andes del Sur (39°S). *Revista Geológica de Chile*, Vol.20,n2. Santiago Chile
- Panizza, M. (2001). Geomorphosites: concepts, methods and example of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin* 46.
- Paz, S., Galmarini, M. (2013). Desarrollo y turismo en un destino de reciente evolución en Argentina: el caso de Villa Pehuenia. *Tur y Des. Revista de investigación en turismo y desarrollo local*, Vol. 6.

- Rabassa, J., Coronato, A., Ponce, J.F., Schlieder, G., Martínez, O. (2011). Depósitos glaciogénicos (Cenozoico Tardío-Cuaternario) y geoformas asociadas. Relatorio del XVIII Congreso geológico Argentino. Neuquén, Argentina.
- Ramos, V.A. (1977). Estructura. En: Geología y recursos naturales de la Provincia del Neuquén. 7° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 9-24, Buenos Aires.
- Ramos, V.A. (1999). Las provincias geológicas del territorio argentino. Caminos, R. (Ed.): Geología Argentina. SEGEMAR, Anales. Vol.29. n3.
- Ramos, V.A. (1999). Rasgos estructurales del territorio Argentino. En: Geología Argentina. Anales. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Buenos Aires. Vol. 29, n24.
- Reynard, E., y Panizza, M. (2005). Geomorphosites: definition, assessment and mapping. Journal Géomorphologie: relief, processus, environnement. Vol. 3.
- Rojas Sánchez, E., Pérez Osorio, M. (2008). Geología y petrogénesis de los prismas basálticos, Santa María Regla, Hgo. Revista Del Servicio Geológico Mexicano. Vol. 3.
- Serrano, E., González Amuchástegui, M.J., y Ruiz Flaño, P. (2009). Gestión ambiental y geomorfología: valoración de los lugares de interés geomorfológico del parque natural de las hoces del alto Ebro y Rudrón. Revista de Cuaternario y Geomorfología. Vol. 3, n23.
- Serrano, E., Y González Trueba, J.J. (2005). “Assessment of geomorphosites in protected natural areas: the Picos de Europa National Park (Spain)”. Geomorphology. Vol. 3.
- Strahler, A.H., Strahler, A.N. (1994). Geografía Física. Barcelona, Omega.
- Torrens, C., Jurio, E. (2014). Construcción territorial, vulnerabilidad social y calidad ambiental en el ejido de Villa Pehuenia, Provincia del Neuquén, Argentina. Boletín Geográfico 36.
- Tricart, J., y Cailleux, A. (1962). *Le Modelé Glaciaire et Nival*. SEDES, Paris.
- Zanettini, J. C., Leanza, H., Giusiano, A., y Santamaría, G. (2010). Hoja Geológica 3972-II, Loncopué, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 381.





## 10. 3 Anexo (fichas de descripciones LIG)

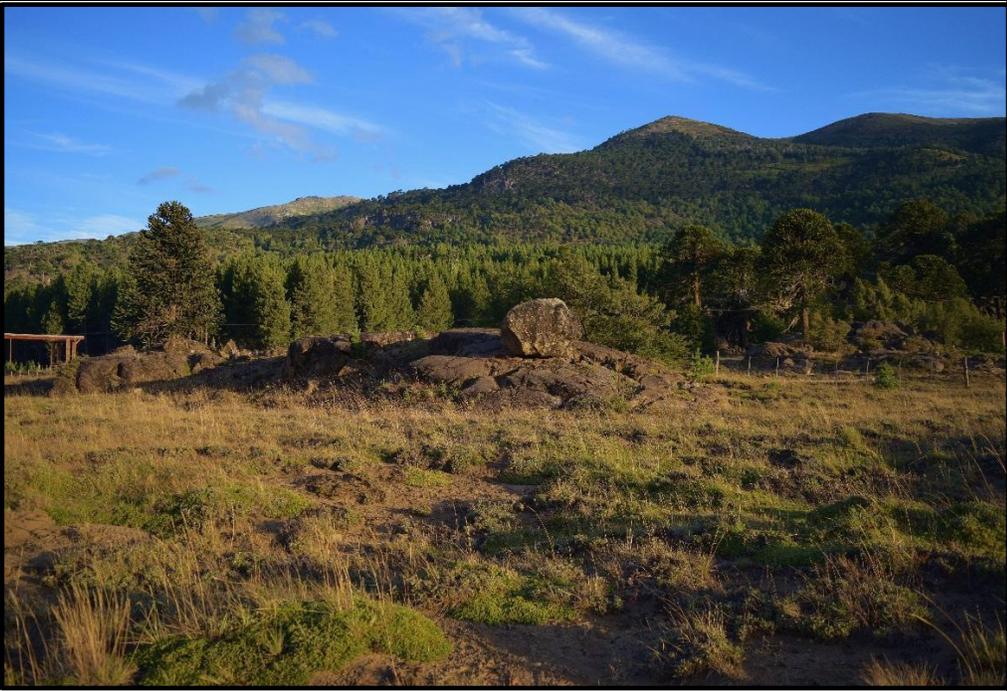
Denominación: Cerro Batea Mahuida		
Fecha de observación: 12/03/2019	N° del LIG: 1	Altura: 1525 m.s.n.m (Campo de rocas con rasgos de erosión glaciaria) y 1959 m.s.n.m (cumbre)
Coordenadas (Campo de rocas con rasgos de erosión glaciaria/cumbre)	38°51'8,9"S/ 38°48'55,8"S	071°11'41,6"O/071°11'02"O
Nombre/s de observador/es: Franco Toscani, Elsie Jurio, Diego Decurgez		
Ubicación política: Villa Pehuenia, departamento Aluminé, Provincia del Neuquén	Área total: 5,5 km <sup>2</sup>	Estado de jurisdicción: Propiedad de la comunidad Puel.
Tipo/s de roca y formación/es geológica asociada/s: Granitos de la Granodiorita Paso de Icalma y basaltos del Basalto Rancahué.		
Tipo/s de geoformas presentes: Circos glaciares y <i>tarns</i>		
Accesibilidad: Accesibilidad media, existen sendas bien marcadas pero el camino demanda una dificultad física media. Se puede acceder por vehículo o caminando tanto al punto panorámico como a la zona del circo glaciario.		
Estado de conservación: buen estado de conservación a excepción por el mirador de "Las Antenas" donde suele encontrarse basura.		
Observaciones y comentarios:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Predomina el tipo de observación panorámica.</li> <li>- Existen instalaciones destinadas a utilización turística del lugar (tacho de basura, baños, caminos 4x4 y senderos)</li> <li>- Los puntos de avistamiento de las geoformas se encuentran muy próximos entre sí.</li> <li>- Posibilidad de llegar a la cumbre por sendero o vehículo 4x4</li> </ul>		

Denominación: Cerro Impodi		
Fecha de observación: 12/03/2019	N° del LIG: 2	Altura: 1209 m.s.n.m
Coordenadas	38°01'29,2''S	71°23'17,4''O
Nombre/s de observador/es: Franco Toscani, Elsie Jurio, Diego Decurgez		
Ubicación política: Moquehue, Departamento de Aluminé, Provincia del Neuquén.	Área total 5 km <sup>2</sup>	Estado de jurisdicción: Corporación interestadual Pulmari. Concesionarios varios
Tipo/s de roca y formación/es geológica asociada/s: detritos correspondientes a depósitos aluviales del Holoceno asociados a la Granodiorita Paso de Icalma.		
Tipo/s de geoformas presentes: Abanicos Aluviales		
Accesibilidad: fácil accesibilidad para una visión panorámica. Sin embargo es de muy difícil accesibilidad si se busca subir al cerro o llegar a su base.		
Estado de conservación: relativamente buen estado de conservación, sin embargo existe constante caída de detritos que puede condicionar el estado de la geoforma.		
Observaciones y comentarios:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Únicamente punto panorámico de observación, no se puede llegar a cumbre del cerro con facilidad.</li> <li>- No hay necesidad de caminar o transitar senderos, se puede realizar la observación de los abanicos desde la ruta o banquina.</li> </ul>		

Denominación: cascada Impodi		
Fecha de observación: 13/03/2019	N° del LIG: 3	Altura: 1154 m.s.n.m (pie de cascada) y 1270 m.s.n.m (alto de cascada).
Coordenadas (pie cascada/alto de cascada)	39°02'5,4"S/ 39°01'59,3"S	071°22'16"O/ 071°22'13,2" O
Nombre/s de observador/es: Franco Toscani, Elsie Jurio, Diego Decurgez		
Ubicación política: Moquehue, Departamento Aluminé, Provincia del Neuquén.	Área total 0,35 km <sup>2</sup>	Estado de jurisdicción: corporación interstadual Pulmari. Concesionarios varios
Tipo/s de roca y formación/es geológica asociada/s: granito de la Granodiorita Paso de Icalma.		
Tipo/s de geformas presentes: Valle colgante		
Accesibilidad: fácil acceso si se desea tener una observación panorámica sobre la ruta 11. Si se desea acceder al punto de observación sobre la cascada, se accede por un sendero de 515 metros poco marcado de dificultad media.		
Estado de conservación: muy buen estado de conservación en general.		
Observaciones y comentarios:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caminando por una senda en dirección al lago Ñorquinco 1,5 km, se puede observar otra cascada denominada “salto del palo” (una cascada asociada a otro valle colgante).</li> <li>- Posee piletones poco profundos para refrescarse y condiciones para potenciales actividades turísticas como rapel.</li> <li>- Se puede observar la cascada en su totalidad desde varios puntos de vista, incluso desde la ruta.</li> </ul>		

Denominación: disyunciones columnares		
Fecha de observación: 13/03/2019	N° del LIG: 4	Altura: 1066 m.s.n.m
Coordenadas	39°05'25,4"S	071°19'23,8"O
Nombre/s de observador/es: Franco Toscani, Elsie Jurio, Diego Decurgez		
Ubicación política: Ñorquinco, Departamento de Aluminé, Provincia del Neuquén.	Área total: 4,2 km <sup>2</sup>	Estado de jurisdicción: corporación interestadual Pulmari. Concesionarios varios
Tipo/s de roca y formación/es geológica asociada/s: basaltos olivinicos asociados al Basalto Hueyeltué		
Tipo/s de geoformas presentes: disyunciones columnares		
Accesibilidad: es totalmente accesible desde las ruta, si se desea llegar a pie de paredones el acceso resulta más complejo por falta de senderos o caminos.		
Estado de conservación: en algunos sectores muy bueno en otros sectores dudosos. Existen entre las fisuras que separan los bloques prismáticos crece vegetación que genera inestabilidad y ruptura en algunos sectores.		
<p>Observaciones y comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se recomienda no acercarse a más de 1 km de los paredones sin un guía turístico que conozca las zonas de segura observación.</li> <li>- 150 metros de desnivel y 250 metros de distancia del punto de observación a la base de la pared</li> </ul>		

Denominación: cueva Chenque		
Fecha de observación: 12/03/2019	N° del LIG: 5	Altura: 1049 m.s.n.m
Coordenadas	39°08'27,8''S	071°16'5,6''O
Nombre/s de observador/es: Franco Toscani, Elsie Jurio, Diego Decurgez		
Ubicación política: Ñorquinco, Departamento de Aluminé, Provincia del Neuquén.	Área total: 0,006km <sup>2</sup>	Estado de jurisdicción: corporación interestatal Pulmari. Concesionarios varios.
Tipo/s de roca y formación/es geológica asociada/s: rocas basálticas posiblemente asociadas a alguno de los basaltos locales más cercanos.		
Tipo/s de geformas presentes: cueva volcánica.		
Accesibilidad: difícil acceso, se sigue un sendero irregular poco marcado y muy pronunciado por 100 metros hasta llegar a la cueva.		
Estado de conservación: el área sufrió saqueos de restos arqueológicos que perjudicó ampliamente su patrimonio cultural, sin embargo, desde un punto de vista geomorfológico se encuentra en buen estado. No dejan de ser necesarios estudios de estabilidad en la cueva. Por otro lado cabe destacar la necesidad de estudios de estabilidad o peligro de derrumbe en la misma.		
Observaciones y comentarios:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe una amplia variedad de especies animales en la cueva.</li> <li>- Las paredes de la cueva podrían presentar cierto grado de inestabilidad</li> <li>- Importante valor cultural asignado a restos arqueológicos encontrados en la cueva.</li> </ul>		

Denominación: Roca aborregada y bloque errático		
Fecha de observación: 12/03/2019	N° del LIG: 6	Altura: 1051 m.s.n.m
Coordenadas:	39°08'33,9"S	071°12'51,8"O
Nombre/s de observador/es: Franco Toscani, Elsie Jurio, Diego Decurgez		
Ubicación política: Ñorquinco, Departamento de Aluminé, Provincia del Neuquén.	Área total: 375m <sup>2</sup>	Estado de jurisdicción: corporación Interestatal Pulmari. Pertenece al Parque Nacional Lanín y se encuentra dentro del Camping Liwen, cuyo concesionario actual es Juan Califinahuel.
Tipo/s de roca y formación/es geológica asociada/s: una granodiorita asociada a la Granodiorita Paso de Icalma y un esquisto asociado posiblemente a la Fm. Colohuincul.		
Tipo/s de geoformas presentes: roca aborregada y bloque errático		
Accesibilidad: es totalmente accesible, se encuentra a 5 metros de la ruta, entrando al camping Liwen		
Estado de conservación: las geoformas presentes se encuentran en perfecto estado de conservación, incluso en la roca aborregada aún se conservan las estrías (rasgo de erosión glaciár de relativamente fácil degradación).		
<p>Observaciones y comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil accesibilidad</li> <li>- Existen evidencias de movimiento glaciár en este punto.</li> <li>- Geoforma de acumulación y de erosión una por encima de otra.</li> <li>- Camping con múltiples servicios donde se puede descansar.</li> </ul>		

## 10. 4 Anexo 4 (evaluaciones LIG)

*Evaluación LIG cerro Batea Mahuida*

Identificación	Nombre: cerro Batea Mahuida	Lugar: Villa Pehuenia, departamento Aluminé, Provincia del Neuquén		
Situación	Coordenadas geográficas: 071°11'41,6''O/071°11'02''O 38°51'8,9''S/38°48'55,8''S	Altitud: 1525 m.s.n.m (Campo de rocas con rasgos de erosión glaciar) y 1959 m.s.n.m (cumbre)		
Tipo de lugar de interés geomorfológico	Lugar representativo Geoformas glaciares, volcánicas y fluviales	Valoración		
Valores Intrínsecos	Génesis		8	
	Morfología	Formas de erosión	4	
		Formas de acumulación	3	
	Dinámica	Heredados	4	
		Procesos actuales	3	
	Estructuras	Sedimentarias	0	
No sedimentarias		3		
Valores Añadidos	Valoración paisajística y estética		6	
	Elementos Culturales	Significación de elementos culturales e históricos	4	
		Contenido histórico y cultural	4	
	Elementos Didácticos	Valor como recurso pedagógico	8	
	Elementos Científicos	Significación Científica	5	
		Representatividad Científica	4	
		Rareza Científica	3	
	Contenido Turístico	Contenido turístico reales	2	
Atracción turística (potencial)		3		
Valoración de uso y gestión	Estado de conservación del lugar (efecto antrópico)		3	
	Estado de conservación de las geoformas (efecto natural)		7	
	Riesgo de degradación	Factores Antrópicos	Impactos	2
			Tipo e intensidad de uso	2
		Factores Naturales	Amenazas externas naturales	2
			Propiedades intrínsecas	3
	Potencial de uso	Accesibilidad		2
		Frecuentación turística		4
Valores intrínsecos		3		
Valores añadidos		4		
Valoración global	Clasificación	<b>ALTO</b>	32	

*Evaluación LIG cerro Impodi*

Identificación	Nombre: cerro Impodi	Lugar: Moquehue, Departamento de Aluminé, Provincia del Neuquén		
Situación	Coordenadas geográficas: 71°23'17,4''O 38°01'29,2''S		Altitud: 1209 m.s.n.m	
Tipo de lugar de interés geomorfológico	Lugar representativo Geoformas volcánicas, fluviales y gravitacionales		Valoración	
Valores Intrínsecos	Génesis		7	
	Morfología	Formas de erosión	4	
		Formas de acumulación	4	
	Dinámica	Heredados	3	
		Procesos actuales	3	
	Estructuras	Sedimentarias	0	
No sedimentarias		0		
Valores Añadidos	Valoración paisajística y estética		4	
	Elementos Culturales	Significación de elementos culturales e históricos	0	
		Contenido histórico y cultural	0	
	Elementos Didácticos	Valor como recurso pedagógico	6	
	Elementos Científicos	Significación Científica	4	
		Representatividad Científica	5	
		Rareza Científica	3	
	Contenido Turístico	Contenido turístico reales	1	
Atracción turística (potencial)		2		
Valoración de uso y gestión	Estado de conservación del lugar (efecto antrópico)		6	
	Estado de conservación de las geoformas (efecto natural)		7	
	Riesgo de degradación	Factores Antrópicos	Impactos	4
			Tipo e intensidad de uso	4
		Factores Naturales	Amenazas externas naturales	3
			Propiedades intrínsecas	3
	Potencial de uso	Accesibilidad		2
		Frecuentación turística		3
		Valores intrínsecos		2
Valores añadidos		3		
Valoración global	Clasificación	<b>ALTO</b>	27,7	

*Evaluación LIG Cascada Impodi*

Identificación	Nombre: Cascada Impodi	Lugar: Moquehue, Departamento de Aluminé, Provincia del Neuquén		
Situación	Coordenadas geográficas 071°22'16''O/071°22'13,2'' O 39°02'5,4''S/ 39°01'59,3''S		Altitud: 1154 m.s.n.m (pie de cascada) y 1270 m.s.n.m (alto de cascada).	
Tipo de los lugar de interés geomorfológico	Lugar representativo Geoformas glaciares y fluviales		Valoración	
Valores Intrínsecos	Génesis		7	
	Morfología	Formas de erosión	4	
		Formas de acumulación	0	
	Dinámica	Heredados	5	
		Procesos actuales	3	
	Estructuras	Sedimentarias	0	
No sedimentarias		3		
Valores Añadidos	Valoración paisajística y estética		5	
	Elementos Culturales	Significación de elementos culturales e históricos	0	
		Contenido histórico y cultural	0	
	Elementos Didácticos	Valor como recurso pedagógico	7	
	Elementos Científicos	Significación Científica	4	
		Representatividad Científica	4	
		Rareza Científica	4	
	Contenido Turístico	Contenido turístico reales	1	
Atracción turística (potencial)		3		
Valoración de uso y gestión	Estado de conservación del lugar (efecto antrópico)		6	
	Estado de conservación de las geoformas (efecto natural)		7	
	Riesgo de degradación	Factores Antrópicos	Impactos	4
			Tipo e intensidad de uso	4
		Factores Naturales	Amenazas externas naturales	3
			Propiedades intrínsecas	3
	Potencial de uso	Accesibilidad		2
		Frecuentación turística		3
		Valores intrínsecos		2
Valores añadidos		3		
Valoración global	Clasificación	<b>ALTO</b>	29	

*Evaluación LIG Cueva Chenque*

Identificación	Nombre: Cueva Chenque	Lugar: Ñorquinco, Departamento de Aluminé, Provincia del Neuquén.		
Situación	Coordenadas geográficas: 071°16'5,6''O-39°08'27,8''S		Altitud: 1049 m.s.n.m	
Tipo de lugar de interés geomorfológico	Lugar representativo Geoformas volcánicas y de meteorización		Valoración	
Valores Intrínsecos	Génesis		7	
	Morfología	Formas de erosión	4	
		Formas de acumulación	0	
	Dinámica	Heredados	3	
		Procesos actuales	2	
	Estructuras	Sedimentarias	0	
No sedimentarias		3		
Valores Añadidos	Valoración paisajística y estética		3	
	Elementos Culturales	Significación de elementos culturales e históricos	4	
		Contenido histórico y cultural	4	
	Elementos Didácticos	Valor como recurso pedagógico	3	
	Elementos Científicos	Significación Científica	4	
		Representatividad Científica	3	
		Rareza Científica	5	
	Contenido Turístico	Contenido turístico reales	1	
Atracción turística (potencial)		3		
Valoración de uso y gestión	Estado de conservación del lugar (efecto antrópico)		2	
	Estado de conservación de las geoformas (efecto natural)		4	
	Riesgo de degradación	Factores Antrópicos	Impactos	1
			Tipo e intensidad de uso	1
		Factores Naturales	Amenazas externas naturales	2
			Propiedades intrínsecas	1
	Potencial de uso	Accesibilidad		1
		Frecuentación turística		1
Valores intrínsecos		2		
Valores añadidos		3		
Valoración global	Clasificación	<b>MEDIO</b>	22,3	

*Evaluación disyunciones columnares*

Identificación	Nombre: disyunciones columnares	Lugar: Ñorquinco, Departamento de Aluminé, Provincia del Neuquén.		
Situación	Coordenadas geográficas: 071°19'23,8''O-39°05'25,4''S		Altitud: 1066 m.s.n.m	
Tipo lugar de interés geomorfológico	Lugar representativo Geoformas volcánicas y de remoción en masa		Valoración	
Valores Intrínsecos	Génesis		8	
	Morfología	Formas de erosión	3	
		Formas de acumulación	0	
	Dinámica	Heredados	5	
		Procesos actuales	3	
	Estructuras	Sedimentarias	0	
No sedimentarias		5		
Valores Añadidos	Valoración paisajística y estética		5	
	Elementos Culturales	Significación de elementos culturales e históricos	0	
		Contenido histórico y cultural	0	
	Elementos Didácticos	Valor como recurso pedagógico	5	
	Elementos Científicos	Significación Científica	5	
		Representatividad Científica	5	
		Rareza Científica	4	
	Contenido Turístico	Contenido turístico reales	2	
Atracción turística (potencial)		3		
Valoración de uso y gestión	Estado de conservación del lugar (efecto antrópico)		8	
	Estado de conservación de las geoformas (efecto natural)		6	
	Riesgo de degradación	Factores Antrópicos	Impactos	4
			Tipo e intensidad de uso	4
		Factores Naturales	Amenazas externas naturales	3
			Propiedades intrínsecas	3
	Potencial de uso	Accesibilidad		2
		Frecuentación turística		3
		Valores intrínsecos		3
Valores añadidos		3		
Valoración global	Clasificación	<b>ALTO</b>	30,7	

*Evaluación roca aborregada y bloque errático*

Identificación	Nombre: roca aborregada y bloque errático	Lugar: Ñorquinco, Departamento de Aluminé, Provincia del Neuquén.		
Situación	Coordenadas geográficas 071°12'51,8''O-39°08'33,9''S		Altitud: 1051 m.s.n.m	
Tipo de lugar de interés geomorfológico	Lugar representativo Geoformas glaciares		Valoración	
Valores Intrínsecos	Génesis		10	
	Morfología	Formas de erosión	4	
		Formas de acumulación	3	
	Dinámica	Heredados	4	
		Procesos actuales	0	
	Estructuras	Sedimentarias	0	
No sedimentarias		4		
Valores Añadidos	Valoración paisajística y estética		2	
	Elementos Culturales	Significación de elementos culturales e históricos	0	
		Contenido histórico y cultural	0	
	Elementos Didácticos	Valor como recurso pedagógico	7	
	Elementos Científicos	Significación Científica	5	
		Representatividad Científica	6	
		Rareza Científica	4	
	Contenido Turístico	Contenido turístico reales	0	
Atracción turística (potencial)		3		
Valoración de uso y gestión	Estado de conservación del lugar (efecto antrópico)		6	
	Estado de conservación de las geoformas (efecto natural)		7	
	Riesgo de degradación	Factores Antrópicos	Impactos	2
			Tipo e intensidad de uso	3
		Factores Naturales	Amenazas externas naturales	4
			Propiedades intrínsecas	4
	Potencial de uso	Accesibilidad		3
		Frecuentación turística		2
		Valores intrínsecos		3
Valores añadidos		3		
Valoración global	Clasificación	<b>ALTO</b>	29,7	