



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**GOPATRIMONIO DE LAS UNIDADES VOLCÁNICAS Y PLUTÓNICAS
DEL SECTOR ORIENTAL DEL LAGO GENERAL CARRERA:
SELECCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTRATEGIAS DE DIVULGACIÓN.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

DAVID ALEJANDRO VALENZUELA HERNÁNDEZ

PROFESOR GUÍA:

ANA VERÓNICA VALDÉS DURÁN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

VICTOR GABRIEL VARGAS EASTON

FRANCISCO HERVÉ ALLAMAND

SANTIAGO DE CHILE

2017

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE:** Geólogo
POR: David Alejandro Valenzuela Hernández
FECHA: Julio de 2017
PROFESOR GUÍA: Ana Valdés Durán

RESUMEN

Aysén corresponde a la región con menor densidad poblacional de Chile con 0.8 hab/km² en una superficie de 108.494 km². Debido a esto actualmente existe un vasto territorio que aún se conserva prístino, lo que da cuenta de la impresionante naturaleza biótica y abiótica, haciendo posible reconocer una diversidad geológica única y propia de la región.

Por lo antes mencionado, la región de Aysén representa una zona ideal para proteger el patrimonio geológico presente, lo que ha motivado iniciativas como el programa “Transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la región de Aysén”, impulsado por la SEREMI de Minería de Aysén, dentro del cual se enmarca este trabajo de Memoria de Título, cuyo objetivo es reconocer, caracterizar y cuantificar zonas de interés geológico, con especial valor científico en las unidades volcánicas e intrusivas en el sector oriental del Lago General Carrera, principalmente en las comunas de Chile Chico y Puerto Ibáñez, de manera que los geositos seleccionados formen parte del inventario regional de geositos, y de la misma forma algunos sean propuestos al inventario nacional de geositos de la Sociedad Geológica de Chile.

En una primera etapa, se realizó una minuciosa revisión bibliográfica para la detección de posibles sitios de interés geológico, para luego incluir cada lugar de interés geológico de especial valor científico en una de las Categorías Geológicas Temáticas descritas para la región de Aysén, por el equipo de geopatrimonio de la Seremi de Minería en base a los criterios de representatividad, integridad, rareza y contenido científico. A partir de esta metodología se preseleccionaron un total de 28 potenciales geositos. En base al reconocimiento en terreno y discusiones posteriores 16 fueron seleccionados para la caracterización geológica y patrimonial, incluyendo la creación de una ficha de descripción. Además de la caracterización, los geositos fueron evaluados cuantitativamente con respecto a su valor científico, turístico y riesgo de degradación, permitiendo generar un ranking con respecto a los potenciales usos de cada uno de ellos.

Finalmente, se propuso un proyecto con potencial uso educativo y turístico, buscando agrupar los geositos más significativos en una ruta, que sigue un orden geocronológico, además se propone la realización de un mapa interactivo con todos los geositos descritos, el cual permita acceder a la información geológica, ubicación y estado actual del geosito, además de ilustraciones de cada lugar. Ambas propuestas buscan incentivar la realización de programas tanto turísticos como educativos, en los cuales se pueda apreciar el geopatrimonio de manera presencial (ruta) o a la distancia (mapa interactivo).

Para Agustín y Gabriel

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo me gustaría agradecer al programa “Transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la región de Aysén” impulsado por la SEREMI de Minería de Aysén, por impulsar y hacer posible esta memoria de título, financiando las campañas de terreno y ofreciendo su apoyo en todo momento. Paulo, José y Felipe muchas gracias!!!

A mi profesora guía Ana Valdés, por la oportunidad de trabajar en esta área de trabajo, por darme su apoyo y guía durante el desarrollo de esta tesis, e impulsarme a mejorar en lo que hacemos día a día.

A Francisco Hervé, por despertar el cariño hacia la geología y el patrimonio geológico, entregando su entusiasmo, buena voluntad y siempre con las palabras de motivación precisas para continuar durante todo este trabajo.

A Gabriel Vargas, por ser parte y apoyarme en este trabajo tan maravilloso como es el descubrir el patrimonio geológico de Chile.

A mi Madre, por educarme y cuidarme durante toda mi vida, por soportarme en los peores momentos y alentarme en todo lo que me he propuesto y soñado. Pero sobre todo gracias por enseñarme a ser resiliente en esta vida.

A mi Viejo, por enseñarme las montañas y esa forma de vida que me ha forjado y enseñado valores y perspectivas del mundo en que nos paramos. Que solo se consiguen durmiendo en un saco de dormir en la “incomodidad” del suelo mirando las estrellas.

A mi Familia, Por estar siempre presente y darme su apoyo incondicional. Dany, gracias por ser mi hermana mayor y una segunda madre, gracias por traer dos sobrinas que me alegran con solo escucharlas decir “Pelado” jajaj. Ji, hermanita créeme que me has enseñado más de lo que crees y espero poder enseñarte a ti algún día. Ate, Gracias por el impulso creativo que necesitaba para terminar este trabajo, sin tu ayuda hubiese sido mucho más difícil. Peta, gracias por apadrinarme en Coyhaique y por los mates con mil conversaciones.

Crespita, me has acompañado en este periodo, me has hecho creer en mí y en mis capacidades. Impulsándome a que siga con lo que me hace feliz. Soportándome en los momentos que creía que no daba más, los que me ayudaste a superar. Espero que sigamos recorriendo y escalando el mundo. Además, gracias a tu familia, de alguna u otra manera me apoyaron con cariño y comida jajaj.

A mis compañeros escaladores, gracias por las experiencias de vida, enseñándome mil vivencias que en la sala de clases es imposible. Son amigos que duraran por siempre

A mis compañeros en la sala de memoristas, con los cuales nos apoyamos y animamos durante este periodo, gracias, sin ustedes el proyecto hubiese sido mucho menos ameno.

Finalmente a mis amigos, Lomo, Toño, Pancho, Tomy, Juaco, Nacho, Soto, Franco, Arturo, Mely P, Carlitos. Gracias por ofrecer su amistad, son como una familia para mí.

Tabla de Contenido

RESUMEN.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Formulación del estudio propuesto.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Hipótesis de trabajo	2
1.4 Metodología.....	3
1.5 Ubicación y Accesos.....	4
2. PATRIMONIO GEOLÓGICO	6
2.1 Conceptos generales	6
2.1.1 Geodiversidad	6
2.1.2 Geoconservación.....	7
2.1.3 Geositio.....	7
2.1.4 Sitio de geodiversidad.....	7
2.1.5 Geoturismo.....	7
2.1.6 Geoparque.....	8
2.1.7 Antecedentes Conservación.....	8
3. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS.....	11
3.1 Geomorfología.....	11
3.2 Geología Estructural	14
3.3 Evolución Geodinámica.....	16

3.4 Geología.....	19
3.4.1 Paleozoico.....	19
3.4.2 Mesozoico.....	19
3.4.3 Cenozoico	23
3.4.4 Pleistoceno	26
3.4.5 Holoceno.....	27
4. INVENTARIO DE GEOSITIOS.....	31
4.1 Resumen Metodológico	31
4.2 Selección De Geositios.....	32
4.3 Descripción De Geositios	35
4.3.1 Domo Valle Lunar Jeinimeni.....	35
4.3.2 Gran Afloramiento de Rocas Piroclásticas y Epiclásticas macizas de la Formación Ibáñez.	41
4.3.3 Brechas Caóticas Basales De Formación Ibáñez.....	47
4.3.4 Domo Cerro Cabeza Blanca.....	53
4.3.5 Volcanitas Estero Lo Burgos	59
4.3.6 Mugaritas de Río Ibáñez	65
4.3.7 Cerro Cuadro.....	70
4.3.8 Mina Cerro Bayo.....	75
4.3.9 Domo Cerro Bayo.....	80
4.3.10 Basanita con Xenolitos Mantélicos de Cerro Lápiz.....	85
4.3.11 Depósitos de oleada piroclástica basáltica.....	91
4.3.12 Diatrema Chile Chico	96
4.3.13 Diques y Cuerpos Subvolcánicos de Puerto Guadal.....	101

4.3.14 Contacto Basaltos Inferiores Chile Chico–Formación Ligorio Márquez	106
4.3.15 Contacto Complejo Plutónico Paso Las Llaves–Formación Ibáñez	113
4.3.16 Cerro Colorado o Cerro Apidame	119
5. VALORACIÓN GEOSITIOS	126
5.1 Valoración Cuantitativa	126
5.2 Resultados Cuantificación	133
6. DISCUSIONES	137
6.1 Análisis de Resultados	137
7. CONCLUSIONES	141
8. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES	143
Bibliografía	150
ANEXOS	160
Anexo 1: Fichas Metodológicas cualitativas	160
Anexo 2: Muestras	163
Muestras de mano	163
Muestras Microscópio	174

Índice de Tablas

Tabla 1: Pre-selección de Geositios, clasificados de acuerdo a las Categorías Geológicas Temáticas (CGT).	33
Tabla 2: Parámetros evaluación cuantitativa.	126
Tabla 3: Parámetros cuantitativos, ponderaciones y alternativas. En números azules la ponderación del Uso Científico, en amarillo la ponderación del Uso Turístico y en rojo la ponderación del Riesgo Degradación.	128
Tabla 4: Puntajes parciales para geositios.	133

Tabla 5: Puntajes finales y ranking de cada geositio por cada uno de los temas específicos, Científico, Turístico y Riesgo Degradación. Los primeros cuatro lugares se encuentran resaltados con el color respectivo para cada uso específico.	134
Tabla 6: Puntajes y ranking relativo de la necesidad de conservación frente a un potencial uso científico y turístico de cada geositio.	136
Tabla 7: Ranking de los mejor puntuados, para los usos científico, turístico y riesgo de degradación.....	138
Tabla 8: Ficha para inventariar geositios, propuesta por la Sociedad Geológica de Chile.	160
Tabla 9: Ficha de descripción de Geositios, propuesta por el grupo de geopatrimonio de la SEREMI de Minería de Aysén.	161
Tabla 10: Ficha metodológica propuesta por Brilha (2015) para inventariar geositios en áreas extensas, tomando en consideración solo el valor científico.....	162
Tabla 11: Muestras de Mano	163

Índice de Ilustraciones

Figura 1: Ubicación Zona de estudio, imagen izquierda se observa en rectángulo rojo la ubicación geográfica de la zona de estudio, además de color verde se resalta la Región de Aysén. En la imagen derecha, encerrado en rojo, se observa la zona de estudio. (Imagen satelital: Bing Maps; Shapefiles Chile: Albers, C., 2012).	4
Figura 2: Mapa de Caminos y accesos a la zona de El Lago General Carrera, Región de Aysén. (Modificado de Dirección de Vialidad, Ministerio Obras Publicas, Chile, 2013)	5
Figura 3: Mapa geomorfológico de la Cordillera Patagónica Central, donde se muestran los principales dominios morfoestructurales de la zona de estudio (Modificado de Scalabrino et al., 2010).	11
Figura 4: Mapa de elevación topográfica de la Región de Aysén, El perfil indica los rasgos morfoestructurales principales de la región. (Modificado de Energía Austral Ltda., 2009)	12
Figura 5: (a) Secciones topográficas de la Cordillera Patagónica central, que muestra la altura máxima de la Patagonia Chilena (Monte San Valentín) y parte del lecho del Lago General Carrera. (b) Perfil esquemático que muestra las altura máximas y mínimas de la Cordillera Patagónica central entre los 46°S y los 48°S. La línea negra sobre el color gris marca la altura promedio (Tomadas de Scalabrino et al., 2010).	13
Figura 6: (a) Mapa Geológico Regional de Sudamérica al sur de los 42°, donde se presentan litologías, estructuras principales y centros eruptivos. PT: Punto Triple, ZFLO: Zona de Falla Liquiñe - Ofqui, ZFM: Zona de Falla de Magallanes, FPCP: Faja Plegada y Corrida de la	

Patagonia CHN: Campos de Hielo Norte, CHS: Campos de Hielo Sur, CMO: Complejo Metamórfico Occidental, CMAO: Complejo Metamórfico Andino Oriental, SVS: Secuencia Volcano-Sedimentaria, CO: Complejo de Ofiolitas, BP: Batolito Patagónico, PMCA: Provincia Magmática Chon Aike. Línea punteada blanca: límite político de Chile; círculos negros: localidades de Chile. Extraído de Boetsch, 2014. (b) Mapa simplificado del Punto Triple de Chile (CTJ) y marco tectónico de la subduccion del *Ridge* del sur de Chile, además se observa la zona de Falla de Liquiñe–Ofqui. El polígono rojo indica la zona de estudio. (Modificado de Scalabrino et al., 2010). 14

Figura 7: Relaciones crono-estratigráficas, estructuras principales y evolución tectónica de la Región de Aysén. CMAO: Complejo Metamórfico Andino Oriental; CMO: Complejo Metamórfico Occidental; ZFLO: Zona de Falla Liquiñe – Ofqui; FPCP: Faja Plegada y Corrida de la Patagonia; PT: Punto Triple; Mx: mineralización. Extraído de Boetsch, 2014..... 17

Figura 8: Depósitos de llanura de inundación en la zona del Salto del Rio Ibáñez (Extraído de Aravena, 2014). 28

Figura 9: Mapa Geológico de la zona de estudio entre los 46°00”-47°00” S y los 71°40”-73°00”. (Modificado de De la Cruz y Suárez, 2006; Quiroz y Belmar, 2010; De la Cruz y Suárez, 2008; Quiroz y Bruce, 2010; Boetsch, 2014). 29

Figura 10: Leyenda y simbología de mapa geológico (Modificado de De la Cruz y Suárez, 2006; Quiroz y Belmar, 2010; De la Cruz y Suárez, 2008; Quiroz y Bruce, 2010; Boetsch, 2014)..... 30

Figura 11: Mapa de distribución de Geositios en el área de estudio. 34

Figura 12: Mapa de ubicación Domo Valle Lunar. El área roja indica el geositio, en azul la ruta X-753, en verde el camino de tierra para llegar al estacionamiento, y en amarillo el sendero que recorre todos los puntos de interés. 37

Figura 13: Vista en dirección noroeste desde el portezuelo previo al Valle Lunar, a la derecha se pueden observar como los estratos mantean hacia el SE, que corresponde al flanco sur del domo. 38

Figura 14: Vista en dirección sureste de los estratos del flanco sur, desde el Valle Lunar..... 38

Figura 15: Vista desde el flanco este, donde se puede observar la parte del interior del domo el cual se encuentra cortado y erosionado por el Arroyo Pedregoso y lluvias propias de la Región. En la foto superior en la esquina izquierda se observa los estratos manteano hacia el este. A modo de dar una perspectiva, las líneas amarillas conectan dos vistas del mismo afloramiento.. 39

Figura 16: Piedra Clavada con vista desde el este (A, B y C) entrando al circuito Piedra Clavada en la Reserva Nacional Jeinimeni. En C se observa la silicificación en el afloramiento. 39

Figura 17: En la figura A se observa la entrada a la Cueva de las Manos, ubicada en el interior del domo. En las figuras B, C y D se observan pinturas rupestres..... 40

Figura 18: Mapa de ubicación geositio. El área roja corresponde al sector estimado que abarca el geositio. En azul la ruta X-723. 43

Figura 19: Vista hacia el este, desde el camino que conduce hacia la península de Levicán. Aquí se observa la columna casi completa descrita por Bruce (2001), se aprecian las unidades: 2) Ignimbrita en discordancia con miembro inferior (1), presenta líticos y pómez. 3) Tobas con pómez, líticos y cristales en las partes media y superiores. 4) Tufitas cristalinas. 5) Tobas cristalinas laminadas depositadas en ambiente subacuoso que presenta calcos de carga y suaves estructuras sedimentarias de deformación, además de flujos de turbiditas/detritos de areniscas tobáceas y tobas. En el fondo se puede apreciar el Cerro Pirámide. 6) Diques basálticos que cortan las sucesiones, utilizando las fracturas pre-existentes en la ignimbrita..... 44

Figura 20: Afloramiento tipo de rocas piroclásticas y epiclásticas de la Formación Ibáñez. En la Figura se observan 6 unidades: 1) Limonitas con laminación fina a areniscas gruesas, en la parte superior hay tobas masivas laminadas y areniscas tobáceas con pobre traza fósil. 2) Ignimbrita en discordancia erosiva con miembro inferior (1), presenta líticos y pómez. 3) Tobas con pómez, líticos y cristales en las partes media y superiores. 4) Tufitas cristalinas 5) Tobas cristalinas laminadas depositadas en ambiente subacuoso. 6) Diques basálticos que cortan las sucesiones, utilizando las fracturas pre-existentes en la ignimbrita. 45

Figura 21: Columna estratigráfica afloramiento tipo rocas piroclásticas y epiclásticas Formación Ibáñez, en el sector Saltos del Río Ibáñez. 1) Limonitas con laminación fina a areniscas gruesas, en la parte superior hay tobas masivas laminadas y areniscas tobáceas con pobre traza fósil. 2) Ignimbrita en discordancia erosiva con miembro inferior (1), presenta líticos y pómez. 3) Tobas con pómez, líticos y cristales en las partes medias y superiores. 4) Tufitas cristalinas 5) Tobas cristalinas laminadas depositadas en ambiente subacuoso. 6) Diques basálticos que cortan las sucesiones, utilizando las fracturas pre-existentes en la ignimbrita (Modificado de Bruce, 2001). 45

Figura 22: Mapa de ubicación, en azul camino vehicular público y en verde camino de tierra en propiedad privada. El área en rojo corresponde al geositio. Hacia el oeste se encuentra la localidad de Puerto Guadal..... 49

Figura 23: Foto con vista hacia el NE desde el estacionamiento, ubicado en la ribera oeste del Río Horqueta. En ella se aprecia el contacto Fm. Ibáñez y CMAO. En la imagen superior se observa de color gris azulado rocas metamórficas, principalmente esquistos micáceos y cuarzo-muscovita del CMAO (De la Cruz y Suárez, 2008). Las rocas de color café claro que se encuentran sobreyaciendo en discordancia angular al CMAO, corresponden a depósitos piroclásticos y epiclásticos de la Fm. Ibáñez. El contacto se especifica en la figura inferior, en donde el color rosado corresponde al CMAO y en celeste la Fm. Ibáñez..... 50

Figura 24: A) Vista hacia el sur del afloramiento, en donde se observan los escasos y erosionados afloramientos. Encerrado en el rectángulo rojo se observa el afloramiento de la imagen inferior. B) Vista en zoom hacia el NO del afloramiento encerrado en rectángulo rojo en A), aquí también se puede observar como los alrededores se encuentra muy erosionado, permitiendo observar solo

pequeños afloramientos.....	51
Figura 25: A) vista hacia el oeste de un afloramiento en las partes superiores del borde del acantilado, en la ribera oeste del Río Horqueta. B) fotografía detalle de brechas, corresponde al rectángulo rojo en A), se pueden observar fiammes y algunos fragmentos angulares en el afloramiento.....	52
Figura 26: Mapa ubicación Domo Cerro Cabeza Blanca. En la imagen A (esquina superior izquierda) se observa la referencia de Puerto Ibáñez con respecto al Co. Cabeza Blanca. En la imagen grande, se observa el camino en azul que corresponde a la ruta X-65, la cual viene desde Pto. Ibáñez hasta el paso fronterizo Pallavicini. Además se observa el área marcada en rojo, la cual corresponde al Geositio. Por otra parte se observa marcado en celeste las lavas tipo coulee desplazadas hacia el SO.....	55
Figura 27: A) Vista panorámica hacia el este del Domo. B) achurado en morado se observa lo que corresponde al domo, además de uno de los diques alimentadores del domo, descritos por Bruce (2010).	56
Figura 28: Vista desde la base del domo hacia el norte. En la parte inferior se observa estratos verdosos pertenecientes a la Fm. Ibáñez. A la izquierda en el círculo rojo se observa la litología que corresponde a brechas riolíticas.....	57
Figura 29: Vista hacia el NE desde el camino. A) Se remarca en líneas punteadas la morfología de domo. A”) Esquema de la formación de un domo, los números corresponden al orden de los eventos eruptivos ocurridos, los cuales se van acumulando y apilando.	57
Figura 30: Mapa de ubicación geositios. Achurado en rojo corresponde a las Vulcanitas Estero Lo Burgos y achurado en verde, la zona de estacionamientos. En azul la calle Belarmino Burgos y en verde el sendero que dirige al geositio.	61
Figura 31: Vista hacia el sur desde la base del afloramiento. En la esquina inferior izquierda se indica la ubicación de la Cueva del Indio, zona arqueológica que fue refugio de tehuelches donde aún es posible apreciar pinturas rupestres.	62
Figura 32: Vista hacia el NO, desde la base del afloramiento. En esta imagen se puede apreciar la envergadura vertical del afloramiento	63
Figura 33: A) Afloramiento en la ciudad de Chile Chico (geositio), en donde es posible apreciar lo diaclasado que se encuentra la pared rocosa. B) Afloramiento en el valle del Estero Lo Burgos, el cual es uno de los 3 afloramientos que pertenecen a la unidad Volcanitas Estero Lo Burgos. .	63
Figura 34: Mapa ubicación geositio el cual se encuentra achurado en rojo, y corresponde al el área propuesta para el geositio. Hay que recorrer cerca de 9 km desde Pto. Ibáñez, localidad que se encuentra al oeste del lugar de interés geológico.....	67
Figura 35: Vista al NE de afloramiento de mugaritas a costado de camino.....	68

Figura 36: Mugearitas ploteadas en un diagrama de discriminación tectónica Zr-Ti-Y. (Modificado de Bruce, 2010; Pearce y Cann, 1973), los puntos rojos y azul representan las muestras.....	68
Figura 37: Mapa con camino para 4X4 (azul) para acceder a Cerro Cuadro. A 10 km hacia el este (indicado con flecha roja) se encuentra la localidad de Chile Chico.....	72
Figura 38: Vista panorámica hacia el sur, en la cual el rectángulo rojo corresponde al afloramiento. En la esquina inferior izquierda, un acercamiento al Co. Cuadro.....	73
Figura 39: Vista hacia el SE desde el estacionamiento del geosítio. Aquí se puede apreciar la particular forma del geosítio, además de sus dimensiones (50x70x130, alto, ancho y largo respectivamente). Se observa lo diaclasado del afloramiento, presentando un alto riesgo de caída de rocas desde las zonas superiores.....	73
Figura 40: Mapa ubicación geosítio. El área roja corresponde a la superficie que corresponde al geosítio. Si se sigue 9 km la ruta 265 hacia el este se llega a la ciudad de Chile Chico, dirección indicada con la flecha roja.....	77
Figura 41: Vista panorámica hacia el NE desde el mirador. En ella se pueden observar las penínsulas (1,2 y 3) compuestas de ignimbritas riolíticas de la Fm. Ibáñez.	78
Figura 42: Vista panorámica hacia el NO. A la izquierda se observa el relave de la minera. En la zona central de la imagen están las oficinas de la compañía minera.....	78
Figura 43: Sistema de fallas y vetas del área Laguna Verde. (Extraído de Boetsch, 2014).....	78
Figura 44: Vista panorámica hacia el norte desde el mirador construido por la compañía minera. Desde este punto es posible observar la belleza escénica del sector en donde se encuentra la mina Cerro Bayo.....	79
Figura 45: Mapa ubicación Domo Cerro Bayo. En azul la ruta 265 y en amarillo el sendero por el cual se puede acceder a la base del domo. La flecha roja indica la dirección en la cual se encuentra Chile Chico, 10 km al este del geosítio.....	82
Figura 46: Foto hacia el este desde la ruta 265, del Domo Cerro Bayo.	82
Figura 47: Mapa en donde se marcan las fallas en el área, en la Figura 46 hay una panorámica de la franja de cuerpos hipabisales señalados en el mapa.. (Extraída de Boetsch, 2014)	83
Figura 48: Vista hacia el NE desde el Co. Lápiz de la franja de domos. En línea punteada roja se marca una de las fallas inferidas que habrían facilitado el ascenso de magmas, los cuales se emplazaron como domos.....	83
Figura 49: Vista hacia el norte del Domo Cerro Bayo desde el Cerro Lápiz. Se puede apreciar el contacto discordante entre el domo y los depósitos de la Formación Ibáñez. Observándose	

además la buena preservación de la morfología de domo volcánico. También se observa depósitos de la unidad Hipabisales y domo Cerro Bayo, en color naranja. 84

Figura 50: Mapa ubicación geosito. En verde el camino para vehículo 4x4 y rojo el sendero para acceder a Cerro Lápiz. 87

Figura 51: En la figura se observa hacia el este, el denominado Cerro Lápiz. A) Se observa el diaclasamiento columnar del afloramiento. B) Se diagrama el contacto entre el cuerpo subvolcánico Co. Lápiz y los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico. 88

Figura 52: Afloramiento en el cual se observa un xenolito mantélico de 8 cm de diámetro. En el cuerpo subvolcánico Co. Lápiz se pueden encontrar una gran cantidad de xenolitos en las columnas que conforman el afloramiento. 89

Figura 53: Vista de las columnas que forman el cuerpo subvolcánico Cerro Lápiz. A) Vista hacia el oeste de las columnas. B) Foto de un xenolito mantélico de 1 cm de diámetro aproximadamente. C) Otra vista de las columnas pentagonales con un combo de escala. 89

Figura 54: Mapa con camino para 4X4 (azul) y sendero (rojo) para acceder a depósitos de oleada piroclástica basáltica. La flecha roja indica la dirección en la cual se encuentra la ciudad de Chile Chico, a unos 10 km hacia el este. 93

Figura 55: A) Vista hacia el norte del afloramiento. B) Foto en la que se observa el redondeamiento de los juveniles. C) Foto con vista hacia el oeste del afloramiento, en este también se observa el grado de redondeamiento de los juveniles. 94

Figura 56: A) Vista hacia el oeste del afloramiento que se encuentra hacia el poniente. B) y C) Se observa la roca que presentan clastos y juveniles con buena selección. 95

Figura 57: Mapa ubicación diatrema. En verde el camino para vehículos 4x4 y en rojo el sendero. Achurado en rojo el área que corresponde a la diatrema. La Flecha roja, indica la dirección en que se encuentra la ciudad de Chile Chico, a 8 km aproximadamente. 98

Figura 58: Vistas panorámicas de la Diatrema de Chile Chico. A) Vista hacia el oeste de la diatrema, en la cual se puede apreciar no tan claramente la forma de embudo. B) Vista hacia el oeste de la diatrema desde el Cerro Cuadro, en la imagen se ven al fondo parte de los depósitos de los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico. C) Vista hacia el NO de la diatrema, en la cual se puede apreciar su envergadura. 99

Figura 59: Imagen en la cual se compara la Diatrema de Chile Chico con uno de los modelos de formación de un diatrema. Rectángulo azul con línea punteada, indica la zona que en teoría se está viendo. B) Movimiento de material durante el desarrollo de una diatrema. Etapa 1: Explosión con fragmentación y movimiento ascendente de material y formación de anillo de tobas por expulsión lateral de materiales. Etapa 2: Colapso con movimiento descendente de los materiales y el derrumbe de paredes de roca de caja y deslizamiento de materiales de anillo de tobas hacia el interior del cráter (maar). Etapa 3: Relleno sedimentario del maar o depositación de material

piroclástico. Las diatremas pueden tener (y comúnmente tienen) varios pulsos explosivos sucesivos y pueden o no estar acompañadas de actividad volcánica posterior (Extraído y modificado Maksae, 2001).	100
Figura 60: Mapa ubicación geosítio. A) El área roja representa la superficie propuesta para el geosítio en donde se pueden apreciar los cuerpos intrusivos. La flecha roja indica la dirección en la cual se encuentra la localidad de Puerto Guadal, a 6 km aproximadamente hacia el NE. B) Se observa la ubicación del geosítios respecto a Puerto Guadal.	103
Figura 61: Vista hacia el sur desde el estacionamiento del primer dique que se observa viniendo desde el oeste. En la imagen de la derecha se diagrama el contacto recto entre el CMAO (rosado) y el cuerpo que intruye (rojo).	104
Figura 62: Vista hacia el sur desde el estacionamiento, donde se observa uno de los diques de menor tamaño en el afloramiento.	104
Figura 63: Vista hacia el sur desde el estacionamiento, donde se observa el dique de mayor tamaño, cercano a los 10 m de altura y 8 m de ancho.	104
Figura 64: Vista hacia el sur. En ambas fotos se observan los contactos rectos entre el CMAO y el cuerpo intrusivo.	105
Figura 65: Mapa ubicación Mina Ligorio Márquez. En azul la ruta X-753, y en verde el camino solo apto para vehículos 4x4, el cual llega hasta la mina. Área roja corresponde al geosítio. La flecha roja indica la dirección en que se encuentra la localidad de Chile Chico, a 36 km aproximadamente.....	108
Figura 66: A) Vista hacia el NO del geosítio, donde se observa el contacto entre ambas formaciones, la cual se especifica en A'. B) Vista hacia el este del contacto entre las formaciones. La fotografía fue tomada desde los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico. B') Diagrama que especifica el contacto entre ambas formaciones.	109
Figura 67: A) Vista hacia el este del afloramiento. Se observa la antigua mina y el contacto que se ejemplifica en A'. B) Vista hacia el SE en donde se observa el contacto entre ambas formaciones, explicitado en B'.....	109
Figura 68: Vista hacia el norte de uno de los afloramientos de la formación Ligorio Márquez, en la cual se observa uno de los lentes de carbón presentes en el afloramiento. En la ilustración inferior se muestra un acercamiento al área encerrada en el rectángulo rojo en la imagen superior.	110
Figura 69: Diagrama de la ventana astenosférica (slab window). La imagen superior corresponde la subducción del ridge entre las placas Farallon y Aluk, y la imagen inferior corresponde al ridge de Chile entre las placas Antártica y Nazca (Extraído y modificado de Espinoza, 2003).	111
Figura 70: Mapa de ubicación del geosítio. El área roja corresponde al geosítio, en el cual se	

encuentran los afloramientos accesibles desde el camino. Las flechas rojas indican la dirección en la cual se encuentra la localidad de Puerto Guadal (oeste) y Chile Chico (este), a 42 km y 56 km respectivamente.	115
Figura 71: Vista panorámica del intrusivo Paso Las Llaves, se puede apreciar la belleza escénica que posee este lugar (Foto tomada desde la ruta 265).	116
Figura 72: Afloramiento en cual se observa el contacto entre las litologías, Complejo Plutónico Paso Las Llaves (granodioritas) y Fm. Ibáñez (secuencias volcánicas).	116
Figura 73: Punto de observación del contacto entre la Formación Ibáñez (azul) y el Complejo Plutónico Paso de Las Llaves.	117
Figura 74: En la figura A se observa el contacto entre las formaciones, el cual es especificado en A' (Fm. Ibáñez de color azul y Complejo Plutónico Paso Las Llaves de color rojo). En B se observa uno de los afloramientos de fácil accesibilidad. El cual se encuentra a orilla de camino en la ruta 265. B' se especifica las rocas correspondientes al Complejo Plutónico Paso Las Llaves (rojo), ruta 265 amarillo y en tonalidades verdes la vegetación que cubre parte del afloramiento.	118
Figura 75: Mapa ubicación Cerro Colorado. En azul el camino X-753, en verde el camino privado y en rojo punteado el sendero hasta el geosítio. Además, la flecha roja indica la dirección en la cual se encuentra Chile Chico, a 8 km aproximadamente.	122
Figura 76: Vista hacia el oeste desde la ruta X-753, donde se observa el Cerro Colorado encerrado en un rectángulo rojo. En el recuadro inferior derecho se puede ver el afloramiento a una distancia de 300 m.	122
Figura 77: Vista hacia el este. Se observa el contacto entre el Cerro Apidame y los depósitos de la Fm. Ibáñez (azul). Donde se ve como el cuerpo intruye a los depósitos volcánicos de la Fm. Ibáñez.	123
Figura 78: Disyunción columnar característica de este afloramiento. A) Corresponde a un zoom de las columnas encerradas en el rectángulo rojo de la imagen superior. A') Diagrama en el cual se resaltaron las columnas observadas en imagen A.	124
Figura 79: Columnas formadas por diaclasamiento, que son características de este afloramiento, con tamaños entre 1-1,5 m. Se observa martillo geológico de 40 cm como escala (encerrado en el rectángulo rojo).	125
Figura 80: A) Vista hacia el sur desde el geosítio. B) Vista hacia el NE desde el geosítio, en donde se observa en la parte superior los Basaltos Superiores de la Meseta de Chile Chico.	125
Figura 81: Distribución geosítios por Categoría Geológica Temática (CGT). Las columnas en verde corresponden al número de sitios preseleccionados por cada CGT, y las columnas rojas indican el número de geosítios seleccionados y caracterizados para cada CGT.	137

Figura 82: Mapa Ruta.....	144
Figura 83: Ficha propuesta para desplegarse al momento de seleccionar un geositio en el mapa.	149

1. INTRODUCCIÓN

1.1 FORMULACIÓN DEL ESTUDIO PROPUESTO

A lo largo de nuestro país se encuentran bastantes lugares de gran interés geológico que cautivan tanto a científicos, que analizan los procesos involucrados en la formación de estos, como a personas que se asombran al apreciar la belleza natural de las grandes paredes rocosas, montañas, campos glaciares y paisajes en general. Esta diversidad es facilitada por las latitudes que recorre el territorio chileno (17° 30" y 56° 30", Chile continental) y las condiciones de subducción que han variado a lo largo de la historia geológica, entre otras. Todo esto ha generado una configuración geomorfológica bastante particular en Chile.

Numerosos acontecimientos geológicos han sido descritos en la Región de Aysén y su marca aún es posible apreciar en los paisajes de la Patagonia Chilena, tales como las erupciones que generaron los depósitos de la Formación Ibáñez en el Jurásico, la subsidencia durante el Cretácico generando la apertura de la cuenca de Aysén (Bell y Suárez, 1997), las secuencias de lavas basálticas de la Meseta de Chile Chico debido a la subducción del *ridge* de Chile bajo la placa Sudamericana (Espinoza et al., 2005). Otros ejemplos, son las glaciaciones intermitentes a las cuales ha estado sujeta la región desde el Mioceno tardío, y que han labrado la cuenca del Lago General Carrera (LGC) (Caldenius, 1932; Escosteguy y Geuna, 2008), o los depósitos de los episodios eruptivos del volcán Hudson, el más austral de la Zona Volcánica Sur de los Andes, todos eventos geológicos que han dejado su huella en los paisajes de la Patagonia.

Existen sitios en Aysén donde es posible apreciar la marca de los eventos que dan cuenta de la historia geológica de Aysén, y que muchos no han sido difundidos a la comunidad con el mismo énfasis que las Catedrales de Mármol o el Glaciar Exploradores (Andrade en preparación), sitios donde existe un flujo de personas importante ya que son iconos de la región. Sin duda, existe un interés por la geología de la Región, pues por ejemplo las Catedrales de Mármol, está aceptada como geositio, propuesto por la Sociedad Geológica Chilena, a través de su "Programa de Detección y Reconocimiento de Geositios en Chile", que busca incentivar precisamente el conocimiento del geopatrimonio en Chile.

En este ámbito, la SEREMI de Minería de Aysén tiene un programa llamado "Transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la Región de Aysén", el cual pretende identificar, mejorar el uso y gestión del patrimonio geológico y geodiversidad regional, contribuyendo a la protección, divulgación y valoración del patrimonio abiótico de la región. De esta forma este programa se suma a otras iniciativas a nivel nacional como lo es el geoparque Krütalkura, Geositios de Magallanes (2009) y varias memorias de título. En particular la realización de la presente memoria de título tiene como fin, poder identificar y poner en valor los sitios de interés geológico que tuvieron relación con la historia volcánica e intrusiva en la zona oriental del Lago General Carrera, buscando incentivar las geociencias y dar a conocer el patrimonio geológico de la zona.

Específicamente, el área de estudio abarca el sureste y noreste del Lago General Carrera, en donde se encuentra la Reserva Forestal Jeinimeni, Reserva Nacional Lago General Carrera y una pequeña parte de la Reserva Nacional Cerro Castillo. Considerando que el área de estudio es cercana al pueblo de Chile Chico y a Puerto Ibáñez, zonas donde el turismo es de gran importancia, y el compartir el conocimiento geológico con la comunidad puede ser una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de un turismo más informado (Geoturismo).

Además, a modo de contribuir con el trabajo actual, se busca utilizar el gran potencial geológico de Aysén para proponer actividades turísticas y educativas, que generen un mayor entendimiento del patrimonio geológico de la región, y así generar una conciencia para conservar y concientizar sobre el patrimonio geológico de la Región, a través de métodos didácticos, en terreno y participativos (Ruta con paneles informativos y mapas interactivo basados en una plataforma similar a GoogleEarth).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar zonas de interés geológico en las unidades volcánicas y plutónicas, ubicadas en el sector oriental del Lago General Carrera en la Región de Aysén.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Identificar lugares de interés geológico.
- II. Definir si el Lugar de Interés Geológico (LIG), corresponde a un Sitio de Geodiversidad (interés turístico y educativo) o a un Geositio (interés científico)
- III. Descripción geológica de los sitios seleccionados (mesoscópica y microscópica).
- IV. Crear ficha para inventariar los lugares de interés geológico, compatible con la ficha ya existente para el programa Transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la región de Aysén”.
- V. Caracterización patrimonial de sitios seleccionados (Definir situación de propiedad, vulnerabilidad, justificación de la elección).
- VI. Proponer lugares de interés geológico para el inventario regional y nacional de geositios.
- VII. Proponer un prototipo de aplicación pedagógica y turística a partir del resultado de la caracterización de los geositios propuestos.

1.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO

El estudio geológico (geomorfológico y mineralógico) a diferentes escalas y catalogación de los sitios de interés geológico en la zona oriental del Lago General Carrera contribuirá a las presentes y futuras generaciones de la comunidad científica y no-científica, a tener un mayor conocimiento de la región y dar un valor agregado al turismo en la zona.

1.4 METODOLOGÍA

- I. Se realizó un estudio bibliográfico y de mapas de la zona, específicamente las cartas geológicas 1:100.000 de Chile Chico, Puerto Ingeniero Ibáñez y de Puerto Guadal, además se utilizaron las categorías geológicas temáticas definidas por el grupo de geopatrimonio de la SEREMI. Con lo anterior se planificó, selecciono y clasificó a los lugares de interés geológico a reconocer en la campaña de terreno, con el fin de generar una ruta eficiente que permitiera corroborar y recopilar nueva información de los sitios previamente seleccionados.
- II. Se realizó una campaña de terreno de 25 días en la cual se generó un registro de lugares que cumplieran con las características que contempla un lugar de interés geológico, buscando como valor principal el científico, para luego evaluar su potencial educativo y/o turístico.
- III. Descripción macroscópica y clasificación utilizando el triángulo QAP. Confección de secciones transparentes, para el estudio petrográfico con énfasis en la descripción de mineralogías primarias, utilizando microscopio óptico, y así asignar las muestras a unidades previamente descritas en la zona.
- IV. Trabajando en coordinación con la SEREMI de Minería de Aysén y su programa “Transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la región de Aysén”, se generó un catastro de los sitios de interés geológico, que abarca tanto a los geositios como a los sitios de geodiversidad, mediante una ficha basada en los conceptos propuestos por la Sociedad Geológica de Chile en su programa “Programa de Detección y Reconocimiento de Geositios en Chile”, por Brilha (2015) y por el grupo de geopatrimonio de la SEREMI de Minería de Aysén (2016) (Anexo 1). Estas fichas indican las valoraciones en diversos ámbitos (científico, escénico, educativo, accesibilidad, situación de propiedad, vulnerabilidad, justificación de la elección, entre otros), además de los diversos contextos geológicos establecidos en la región de Aysén (Volcánico e intrusivo, para efectos de esta memoria).
- V. Utilizando los datos recopilados en el estudio, en conjunto con material gráfico (fotografías e ilustraciones) se propondrá la realización de una ruta interpretativa y un mapa interactivo, que contendrán información geológica de cada geositio (paneles informativos), ubicación (senderos y caminos) e ilustraciones.

1.5 UBICACIÓN Y ACCESOS

La zona de estudio se encuentra en los alrededores del Lago General Carrera o Lago Chelenko -denominado así por los Tehuelches, cuyo significado es “aguas turbulentas”-. Específicamente en las comunas de Chile Chico ($46^{\circ}33'S$ y $71^{\circ}44'O$) y Río Ibáñez ($46^{\circ}17'S$ y $71^{\circ}56'O$). La mayor parte del área de estudio se distribuye en las cercanías de los poblados Chile Chico y Puerto Ingeniero Ibáñez.

Existen múltiples vías de acceso a la zona de estudio. A continuación se describen 4 posibles rutas para llegar a Chile Chico, localidad que concentra la mayor cantidad de geositos estudiados en el presente trabajo. El acceso más directo es utilizando la Ruta 7 (“Carretera Austral”), donde desde Coyhaique se recorren aproximadamente 90 kilómetros hacia el sur, hasta la bifurcación hacia Puerto Ing. Ibáñez, debiendo continuar por la ruta X-65, con el fin de tomar la barcaza que cruza el Lago General Carrera hasta la localidad de Chile Chico. Desde aquí existe la posibilidad de dirigirse hacia el sur por el camino X-753 el cual recorre hasta la Reserva Nacional Jeinimeni. Desde este camino es posible acceder a caminos secundarios especificados en la descripción de cada geosito. Otra opción es dirigirse hacia el oeste desde Chile Chico, siguiendo la ribera sur del Lago General Carrera a través de la Ruta 265, la cual bordea toda la costa sur del lago hasta Puerto Guadal. Vía por la cual también se accede a senderos los que guían hasta los geositos.

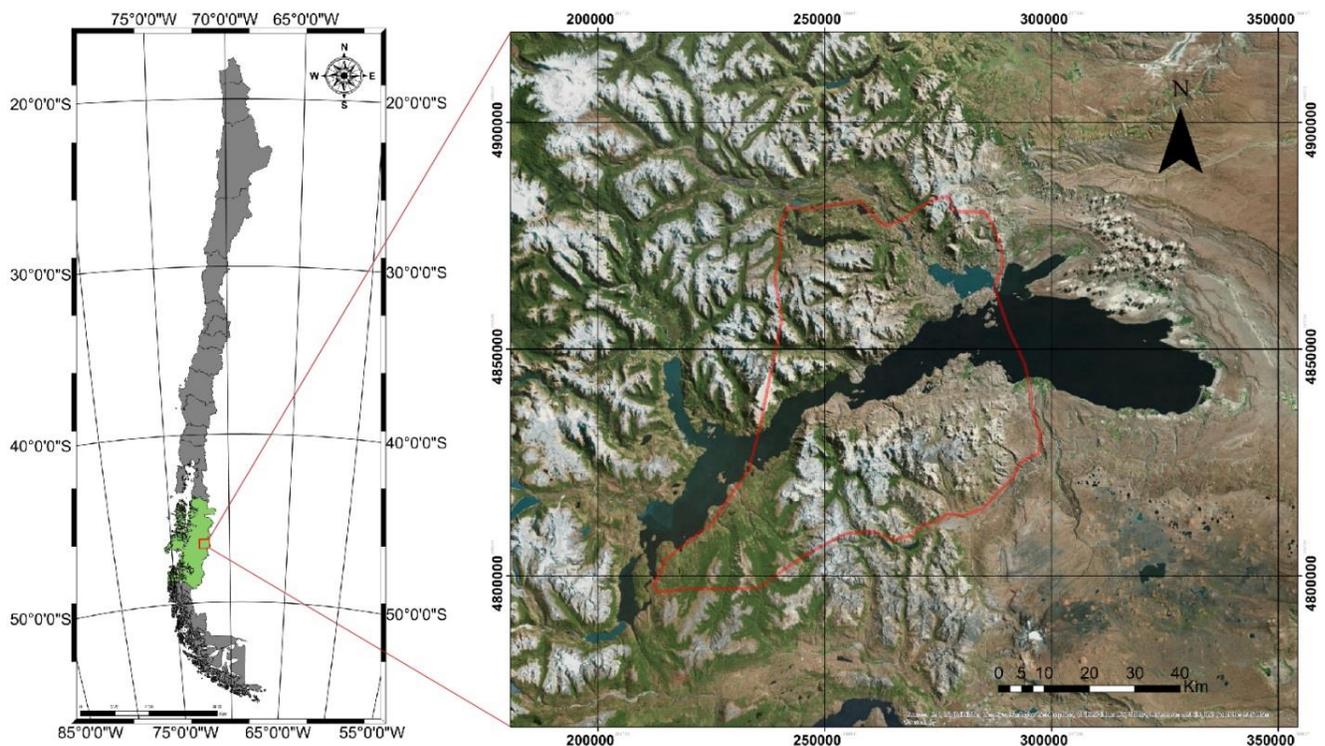


Figura 1: Ubicación Zona de estudio, imagen izquierda se observa en rectángulo rojo la ubicación geográfica de la zona de estudio, además de color verde se resalta la Región de Aysén. En la imagen derecha, encerrado en rojo, se observa la zona de estudio. (Imagen satelital: Bing Maps; Shapefiles Chile: Albers, C., 2012).

Otra forma de llegar a la localidad de Chile Chico es bordear el Lago General Carrera, desde Coyhaique, tomando la Ruta 7 hacia la localidad de Puerto Río Tranquilo (220 km al sur de la capital regional). Desde aquí, se debe continuar hacia el sur, hasta encontrar el desvío hacia la localidad de Puerto Guadal (Ruta 265).

También se puede bordear el Lago General Carrera por Argentina, comenzando desde la localidad de Puerto Ingeniero Ibáñez y dirigiéndose hacia el este continuando por la vía X-65, la cual conduce hasta el paso fronterizo Pallavicini. Una vez en Argentina, se toma la ruta 45, la cual conecta con la ruta 43. Posteriormente, se toma dirección hacia el poblado de Los Antiguos,



Figura 2: Mapa de Caminos y accesos a la zona de El Lago General Carrera, Región de Aysén. (Modificado de Dirección de Vialidad, Ministerio Obras Públicas, Chile, 2013)

el cual se encuentra en el límite fronterizo de Chile-Argentina. Desde esta localidad son cerca de 15 km hasta Chile Chico. Otra opción cruzando por Argentina, se realiza a través del paso fronterizo Huemules, el que se ubica al SE de Coyhaique. Primero hay que dirigirse a la localidad de Balmaceda (tomar la ruta 7 desde Coyhaique y luego tomar la ruta 245, camino a Balmaceda), continuar hasta cruzar la frontera, aquí se sigue la ruta 260 hasta dar con la Ruta 40, la cual se debe seguir por unos kilómetros hasta el cruce con la ruta 45 y 43. Alcanzando este punto se debe tomar la ruta 43, la cual guía hasta el poblado de Los Antiguos, y se sigue la misma ruta descrita anteriormente.

Sin duda la primera ruta descrita es la más directa y expedita, pero los caminos alternativos permiten observar los hermosos paisajes de la Patagonia, que nos pueden dar una muestra magistral de su geología y procesos geológicos que han sucedido en la zona. Las especificaciones de los caminos y senderos para acceder a los geositos seleccionados son especificadas en cada geosito, pues cada uno presenta características distintas de acceso.

2. PATRIMONIO GEOLÓGICO

2.1 CONCEPTOS GENERALES

El concepto de patrimonio geológico es relativamente nuevo. Comienza a tomar forma a partir de los años 90. Sin embargo, el patrimonio geológico es un “bien” que ha existido durante millones de años y que hoy en día se ha tomado conciencia de aquello, en respuesta a un incremento exponencial de la sociedad y sus procesos industriales que han ido amenazando de diferentes maneras. Una de las definiciones del concepto de patrimonio geológico corresponde a *“el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: el origen y evolución de la Tierra, los procesos que la han modelado, los climas y paisajes del pasado y presente y el origen y evolución de la vida”*.(Sociedad Geológica de España).

2.1.1 GEODIVERSIDAD

Este concepto surgió a comienzos de los noventa, con diferentes interpretaciones. Aquí se presentan dos de las definiciones más aceptadas en la actualidad:

- El número y variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas), materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluida la antrópica. (Nieto, 2001)
- El rango natural de diversidad de rasgos geológicos (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicos (formas del terreno y procesos) y suelos, incluyendo sus relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas. (Gray, 2004)

2.1.2 GEOCONSERVACIÓN

El conjunto de técnicas y medidas encaminadas a asegurar la conservación (incluyendo la rehabilitación) del patrimonio geológico y de la geodiversidad, basadas en el análisis de sus valores intrínsecos, su vulnerabilidad y riesgo de degradación (Carcavilla et al., 2007).

En definitiva, busca proteger la geodiversidad y el patrimonio geológico por medio de estrategias de gestión y puesta en valor de los recursos geológicos. Para esto se requieren procedimientos de identificación de los lugares de interés geológico; conocer sus características, su origen, su fragilidad y amenazas; y de esta forma darles un valor.

2.1.3 GEOSITIO

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

Además, la Sociedad Geológica de Chile les da esta definición: “...un afloramiento, o varios afloramientos vecinos, que contienen un objeto geológico de valor, que vale la pena preservar. El valor puede ser de muy diversa naturaleza: estrictamente geológico, mineralógico, paleontológico, estructural, petrológico, paisajístico, geomorfológico, etc. Su identificación y posterior preservación contribuirá a la difusión de los valores de la ciencia geológica en el país, y a preservar para generaciones futuras sitios importantes para la ciencia, la cultura y la sociedad”.

Sin embargo en los últimos estudios publicados (Brilha, 2015, 2016) este concepto es utilizado para referirse a lugares de interés geológico con valor científico considerable, los cuales además pueden presentar una valor educativo y cultural. Esto de manera de poder generar una mejor organización e identificación del patrimonio geológico.

2.1.4 SITIO DE GEODIVERSIDAD

Un sitio de geodiversidad corresponde a un lugar de interés geológico que no posee un valor científico significativo. Sin embargo, debido a su valor educacional o turístico debe ser conservado, para así permitir a la sociedad utilizar de manera sustentable el lugar de interés geológico. Por otra parte este lugar puede tener un valor cultural significativo para las comunidades locales o a nivel país (Brilha, 2016).

2.1.5 GEOTURISMO

Este concepto es definido por Carcavilla et al. (2007) como “el conjunto de acciones encaminadas a promover el uso turístico y recreativo de los recursos geológicos con objeto de promocionar social y económicamente un lugar o región”. A nivel nacional este término es

definido como “...el tipo de turismo que promueven los geoparques, ya que apoya y refuerza el carácter geográfico de un lugar, su medio ambiente, la geología, la cultura, la conservación, el patrimonio y el bienestar de sus habitantes” (Red Nacional de Geoparques, GeaChile).

2.1.6 GEOPARQUE

Los geoparques corresponden a territorios con límites bien definidos y una superficie apropiada para permitir un verdadero desarrollo socio-económico. Debe abarcar un determinado número de sitios geológicos de importancia científica, rareza y belleza, que sean representativos de una región y de su historia geológica. El atractivo de estos sitios no debe ser sólo geológico, sino también ecológico, arqueológico, histórico, cultural o paisajístico (UNESCO, 2008).

Así, los geoparques deben estimular el desenvolvimiento socio-económico de una región, explorar, desarrollar y dar a conocer su patrimonio geológico y cómo este se relaciona con los aspectos naturales y culturales. De esta forma a partir del patrimonio geológico vincular a la comunidad local, generando un desarrollo sostenible.

2.1.7 ANTECEDENTES CONSERVACIÓN

A partir de mediados del siglo pasado diversas organizaciones internacionales fueron precursoras del estudio del patrimonio geológico y geoconservación, pero no es hasta el año 1988 que se lleva a cabo la Primera Reunión Internacional de Geoconservación, en la cual tocaron temas como selección, clasificación, gestión de lugares de interés geológico (Carcavilla et al., 2007). En 1996 se puso en marcha el proyecto de mayor relevancia internacional, el programa “Global Geosites” impulsado por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), el cual consistía en desarrollar un inventario del geopatrimonio de los geositos a nivel mundial y promover una política de protección y apoyo, en donde cada país participante debe ser el encargado de seleccionar su patrimonio (Brilha, 2005; Bruschi, 2007).

En el año 1997 La UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) impulsa el programa denominado “Red Mundial de Geoparques” en respuesta a la necesidad de proteger la geodiversidad y apoyar otras iniciativas con la misma visión de conservación, valoración y divulgación del patrimonio geológico. Actualmente existen 114 Geoparques¹ en el programa impulsado por la UNESCO, distribuidos en distintos países.

A nivel nacional una de las mayores iniciativas se ha llevado a cabo por la Sociedad Geológica de Chile (SGCh), motivada por el inmenso y variado patrimonio geológico que encontramos en Chile, el cual vale la pena identificar. Crearon un programa que consiste en la detección, identificación y protección del patrimonio geológico. Esta busca que la misma

¹ <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/list-of-unesco-global-geoparks/>

comunidad científica o no científica presente lugares con posible interés geológico mediante una ficha (Anexo) la cual es evaluada por miembros de la SGCh. Actualmente existe 69 Geositios aprobados en el programa (<http://www.sociedadgeologica.cl/geositios/>).

Otras iniciativas fueron las impulsada por Mourgues et al. (2012), donde desarrollaron una lista con 22 contextos geológicos para el territorio chileno, para que de esta manera se homogenizara la representatividad de la geodiversidad nacional. Por otra parte en la Región de Magallanes también se llevó a cabo la iniciativa “Geositios Magallanes” realizado por Instituto Antártico Chileno (INACH), Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) y Empresa Nacional de Petróleo (ENAP). Este proyecto reúne 11 lugares que presentan una atractiva evolución geológica, desde el punto de vista turístico y científico, lo que permitió generar paneles explicativos y una página web para su divulgación.

Sin duda, uno de los proyectos de mayor envergadura que se ha desarrollado en el país y aún sigue en desarrollo es el del Geoparque Kütralkura, impulsado por el proyecto INNOVA Chile. Esta iniciativa busca implementar el primer geoparque de Chile, el cual se encuentra en la zona cordillerana de la Región de la Araucanía, constituido principalmente por el Parque Nacional Conguillío, las comunas de Melipeuco, Curacautín, Vilcún y Lonquimay. Este proyecto ha sido llevado a cabo en un principio por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), con el apoyo del Gobierno Regional de la Araucanía, CONAF y el Ministerio del Medio Ambiente. En el marco de este proyecto se realizó un inventario con 50 geositios, talleres de capacitación a comunidades locales relacionadas al turismo, educación y cultura, fomentando el desarrollo socio-económico y cultural de la región a través del geoturismo. Por otra parte, se ha realizado varias memorias de título con el fin de identificar el patrimonio geológico de Chile: Parque Nacional Torres del Paine (Fernández, 2007), Parque Nacional Conguillío (Martínez, 2010), Parque Nacional Pale-Aike (Mardones, 2012), Áreas Costeras de la Región de Atacama (Ramírez, 2012), comuna de Lonquimay (Partarrieu, 2013) y Zona Urbana de la ciudad de Santiago (Rodríguez, 2013), Complejo Volcánico Nevados de Chillan (Rivera, 2014), Cuenca del Lago Llanquihue (Martínez, 2017) y una tesis de Magíster realizada en la Universidad de Minho, Portugal, llamada Patrimonio Geológico de la comuna de San José de Maipo (Benado, 2013)

Actualmente se está desarrollando el programa “Transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la región de Aysén”, iniciativa impulsada por la Secretaria Regional Ministerial de Minería de la Región de Aysén, buscando identificar, proteger, mejorar el entendimiento y el uso del patrimonio geológico de la región, aumentando el valor de la geodiversidad, mediante la difusión y educación de esta. En el marco de este programa se ha desarrollado la memoria de título del Valle Exploradores y Leones, Aysén (Andrade, en preparación) y la preparación de un inventario regional, además del presente trabajo de memoria de título.

A escala regional el programa está trabajando con otros organismos como SERNAGEOMIN, Ministerio de Obras Públicas (MOP), SERNATUR y Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (CNCA). Esto debido a que el programa es pertinente con el Plan de Desarrollo de Zonas Extremas de la Región de Aysén (PEDZE), que implica lo siguiente:

Fortalecimiento del Turismo como eje Motor del Desarrollo de Aysén. Este programa *“...pretende realizar un esfuerzo concreto para que nuestras bellezas escénicas, el patrimonio cultural, geológico y los ecosistemas, todos atributos regionales que constituyen productos turísticos de excelencia, sean puestos en valor en pos del desarrollo de nuestras localidades...”* (PEDZE, 2014:73).

Protección del Patrimonio Ambiental, programa que tiene como objetivo *“Realizar acciones tendientes a proteger el patrimonio ambiental de la Región de Aysén”* (PEDZE, 2014:105).

Acceso a Educación de Calidad, programa que tiene entre sus objetivos *“...el desarrollo de la investigación científica en materias relacionadas con aquellos recursos naturales y de interés patrimonial propios de nuestra región, como glaciares, ecosistemas de fiordos canales, recursos hídricos, sitios arqueológicos, entre muchos otros”* (PEDZE, 2014:14).

Junto con lo anterior, es importante destacar que los componentes del presente programa generarán información fundamental para el fomento del turismo de intereses especiales, el cual fue reconocido en la Estrategia de Desarrollo de Aysén (Gobierno Regional, 2009) como una de las actividades con mayores potencialidades en la región.

3. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

3.1 GEOMORFOLOGÍA

La Cordillera Patagónica, a diferencia de los Andes Centrales, presenta alturas bastante inferiores. De acuerdo a los cálculos realizados por Scalabrino et al. (2010), la elevación promedio de la zona cordillerana es de 900 m aproximadamente y es caracterizada por una topografía de longitud de onda corta. Las principales cumbres poseen una altura de 2000 m, siendo el Monte San Valentín, en la parte oeste de la Cordillera, el único que escapa de esta cota con 3910 msnm, empinándose como la cumbre más alta de la Patagonia chilena.

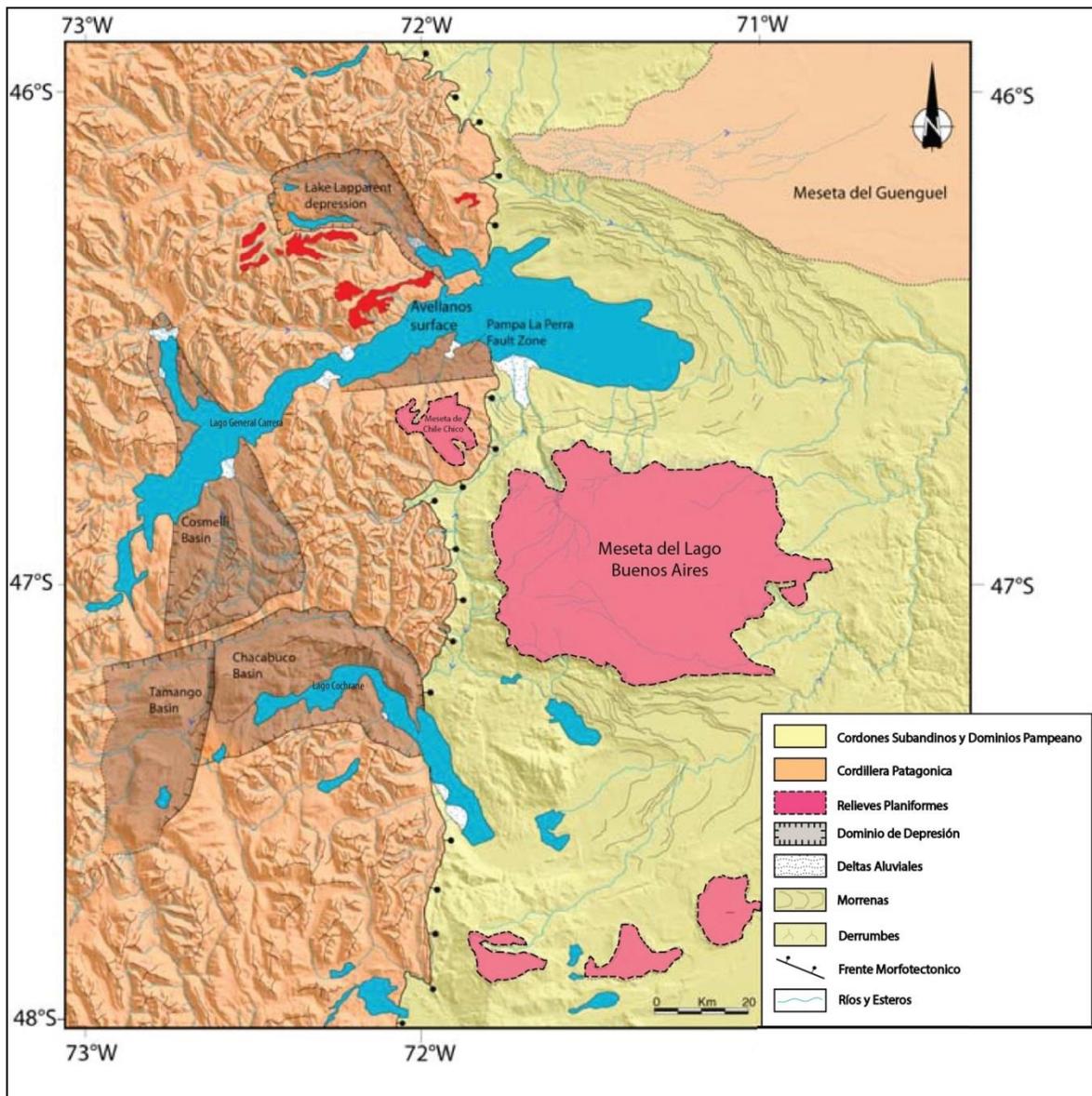


Figura 3: Mapa geomorfológico de la Cordillera Patagónica Central, donde se muestran los principales dominios morfoestructurales de la zona de estudio (Modificado de Scalabrino et al., 2010).

En la Región de Aysén entre los 45° - 47° S, el relieve se caracteriza por presentar cinco dominios característicos (Figura 4). De Oeste a Este, tenemos la Zona de Archipiélagos e Islas, que corresponde a un dominio de baja altura cortada por canales y fiordos de fuertes pendientes surcados sobre rocas metamórficas del Complejo Metamórfico de los Chonos e intrusivas del Batolito Patagónico, limitado por la zona de Falla Liquiñe–Ofqui la cual separa la península de Taitao del continente, representando un límite entre los grandes relieves de la región y el área de subsidencia activa del Golfo de Penas. Ubicada al este del archipiélago de los Chonos, encontramos una zona deprimida (Canal Moraleda, ubicado al norte del istmo de Ofqui). La depresión se encuentra inundada por el mar y es interrumpida por algunas islas de baja altura (p.e. Isla Traiguén, Isla Melchor). Las litologías expuestas en esta zona son principalmente rocas volcánicas y sedimentarias (Skarmeta, 1974; SERNAGEOMIN, 2003).

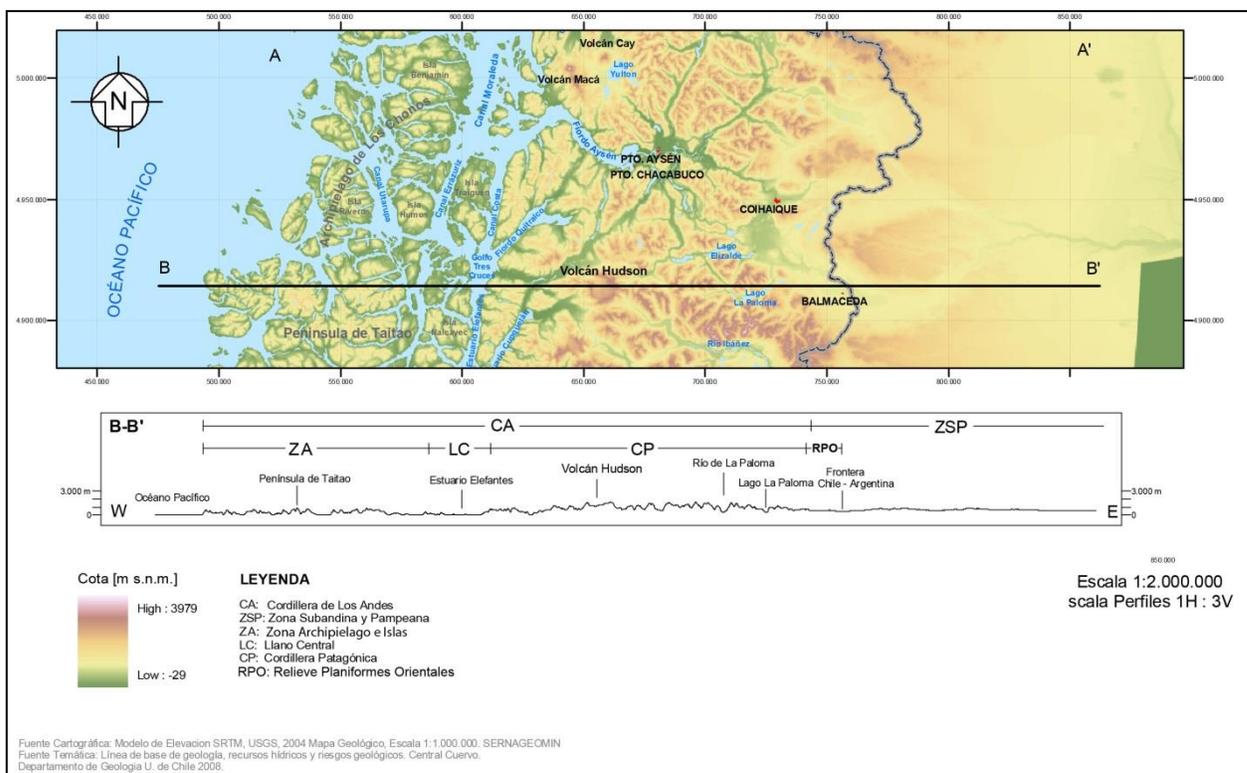


Figura 4: Mapa de elevación topográfica de la Región de Aysén, El perfil indica los rasgos morfoestructurales principales de la región. (Modificado de Energía Austral Ltda., 2009)

La Cordillera Patagónica Central (Figura 3 y 4) posee una orientación NNE-SSO, y está flanqueada hacia el oeste por la zona de Falla Liquiñe-Ofqui y por el este por la pampa, la cual se extiende hasta el Océano Atlántico (Scalabrino et al., 2010). Se compone de granitoides pertenecientes al Batolito Patagónico, con un ancho de 200 km (Ferrando y Muñoz, 1979; Pankhurst et al., 1999; Niemeyer y Cereceda, 1984). El paisaje observado en la zona muestra una fuerte marca glacial, con una topografía abrupta y grandes desniveles (Figura 5). Presenta un sistema hidrográfico muy enriquecido, con algunas cuencas lacustres y numerosos glaciares de tipo calota que desaguan hacia el Pacífico y hacia las cuencas intermontañas orientales (Tricart, 1967). En el área del Lago General Carrera se observa un contacto abrupto entre lavas

pertencientes a la Formación Ibáñez con rocas metamórficas del Complejo Metamórfico Andino Oriental (CMAO) (Hervé et al., 2008). En este dominio se encuentran los Campos de Hielo Norte y Sur, el Monte San Valentín y al Norte de la zona de estudio, una franja de centros volcánicos activos (Hudson, Macá, Melimoyu) (Lagabrielle et al., 2004).

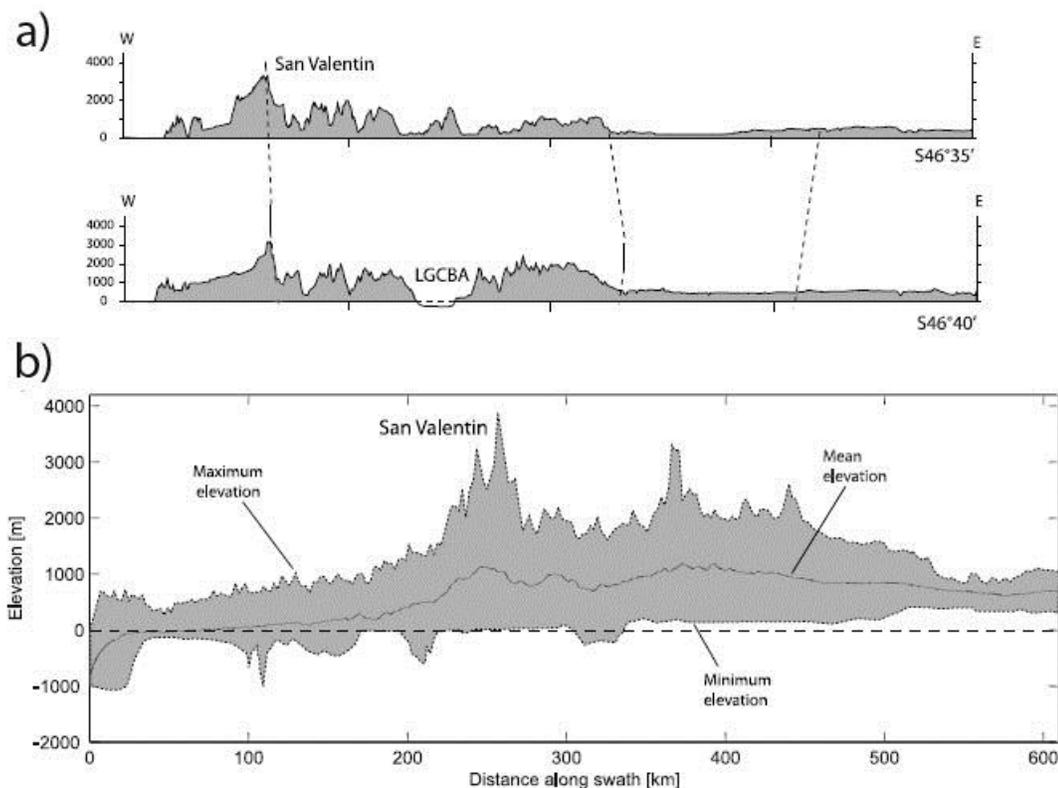


Figura 5: (a) Secciones topográficas de la Cordillera Patagónica central, que muestra la altura máxima de la Patagonia Chilena (Monte San Valentín) y parte del lecho del Lago General Carrera. (b) Perfil esquemático que muestra las altura máximas y mínimas de la Cordillera Patagónica central entre los 46°S y los 48°S. La línea negra sobre el color gris marca la altura promedio (Tomadas de Scalabrino et al., 2010).

En la zona oriental, adyacente a la Cordillera Patagónica Central se encuentran los **Cordones Subandinos Orientales o Pre cordillera**, que corresponde a cordones montañosos de menor altura (< 2000 m) y sus laderas disminuyen sus pendientes, suavizando el paisaje glaciar característico. Esta zona se extiende hasta los Dominios Pampeanos. Las principales litologías corresponden a rocas estratificadas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias, marinas y continentales de edades Mesozoicas y Cenozoicas (SERNAGEOMIN, 2003; Skarmeta, 1974; De la Cruz et al., 2003).

En la zona de estudio también se observan los **Relieves Planiformes Orientales**, los cuales corresponden a los relieves llanos o plateaus ubicados al oeste de la frontera con Argentina y al este de los Cordones Subandinos Orientales. Corresponden a planos deposicionales de gran

extensión (sedimentarios y/o volcánicos), interrumpidos por lomas mesetiformes residuales (Ferrando y Muñoz, 1979). Estos grandes llanos deben su origen a procesos glaciales, fluvio-glaciales, el desarrollo de cuencas proglaciales y procesos volcánicos (basaltos de inundación, (Skarmeta et al., 2010)).

Por último se encuentra la **Zona Extrandina o el Dominio Pampeano**, que se encuentra principalmente representada en Argentina, caracterizada por escaso relieve, donde las alturas van entre los 400 y 700 m. La proveniencia de los depósitos son del tipo glaciales, fluvio-glaciales y glaciolacustres (Niemeyer, 1984).

3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La geología estructural de la región ha estado controlada por la subducción, entre el Paleozoico y el presente, con un periodo discontinuo del Paleozoico al Mesozoico, y continuo desde el Jurásico hasta el presente (Augustsson et al., 2006), (Bell y Suárez, 2000; Niemeyer *et al.*, 1984). Se destaca la unión de tres placas: Antártica, Nazca y Sudamericana, ubicando el punto triple como se observa en la Figura 6b. Tanto Antártica como Nazca subducen la placa Sudamericana, con diferentes ángulos, lo cual complejiza la geología regional y local (Fig. 6).

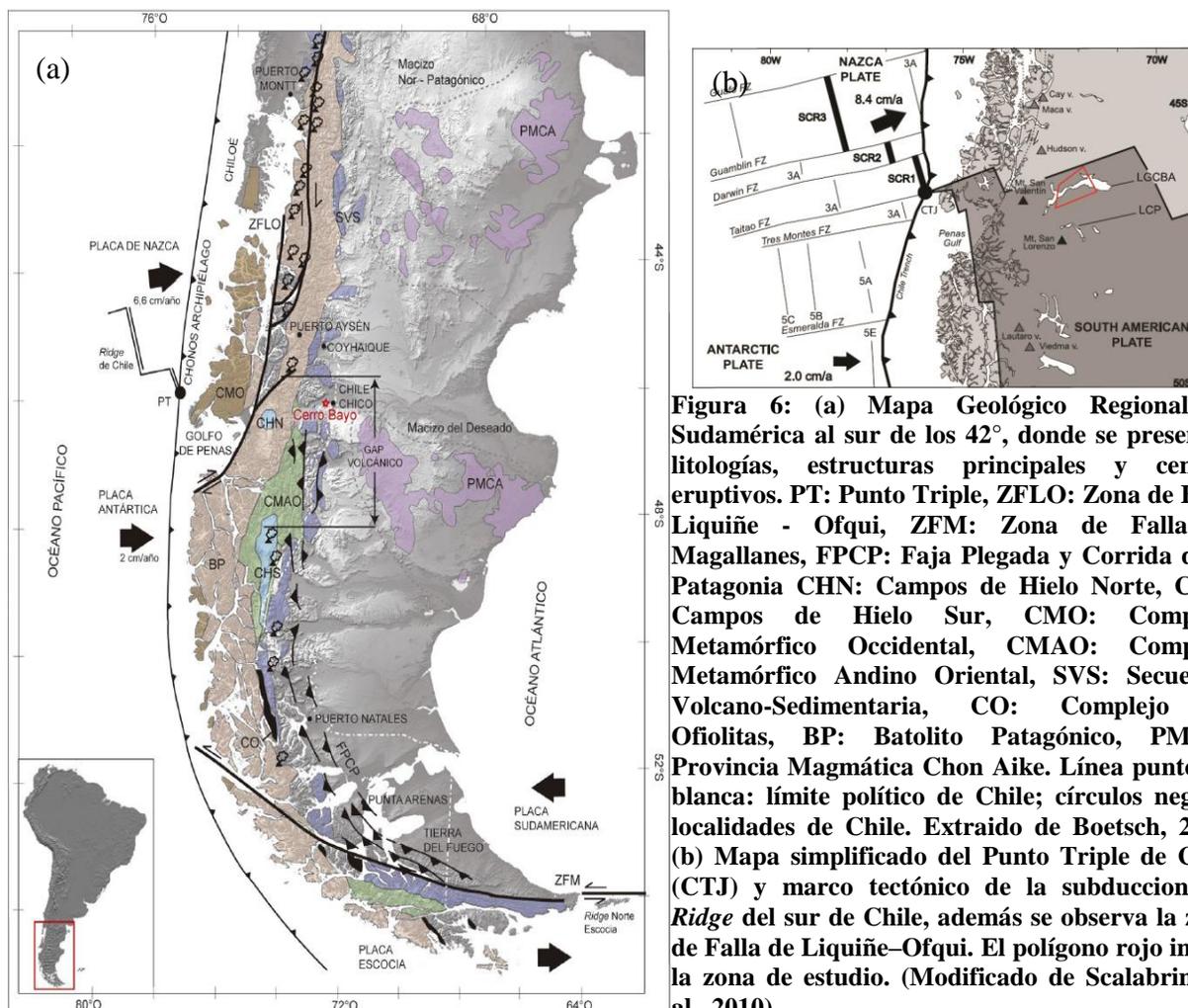


Figura 6: (a) Mapa Geológico Regional de Sudamérica al sur de los 42°, donde se presentan litologías, estructuras principales y centros eruptivos. PT: Punto Triple, ZFLO: Zona de Falla Liquiñe - Ofqui, ZFM: Zona de Falla de Magallanes, FPCP: Faja Plegada y Corrida de la Patagonia CHN: Campos de Hielo Norte, CHS: Campos de Hielo Sur, CMO: Complejo Metamórfico Occidental, CMAO: Complejo Metamórfico Andino Oriental, SVS: Secuencia Volcano-Sedimentaria, CO: Complejo de Ofiolitas, BP: Batolito Patagónico, PMCA: Provincia Magmática Chon Aike. Línea punteada blanca: límite político de Chile; círculos negros: localidades de Chile. Extraído de Boetsch, 2014. (b) Mapa simplificado del Punto Triple de Chile (CTJ) y marco tectónico de la subducción del *Ridge* del sur de Chile, además se observa la zona de Falla de Liquiñe–Ofqui. El polígono rojo indica la zona de estudio. (Modificado de Scalabrino et al., 2010).

En la Patagonia se ha constatado, a partir de la reconstrucción de la dinámica de placas, la colisión de al menos dos segmentos de dorsales oceánicas durante el Paleoceno-Eoceno (dorsal que separaba las placas Farallón y Aluk (Phoenix)) y en el Neogeno-Cuaternario (dorsal que separa las placas Nazca y Antártida) (Cande y Leslie, 1986; Folguera y Ramos, 2002). Esta última, denominada ridge del Sur de Chile comienza a colisionar hace 15 Ma (Mioceno) (Cande and Leslie, 1986), desde entonces el punto triple ha migrado de sur a norte como se observa en la Figura 6, hasta su posición actual $46^{\circ}12'S$, frente a la Península de Taitao. El actual vector de movimiento entre las placas de Nazca y Sudamericana tiene orientación $N80^{\circ}E$ con una tasa de 84 mm/año (Pardo-Casas and Molnar, 1987; Gripp and Gordon, 1990; DeMets et al., 1990; Scalabrino et al., 2010) mientras que al sur del punto triple la tasa de convergencia entre las placas Antártica y Sudamericana es de 20 mm/año, con orientación E-O (Gripp and Gordon, 1990; DeMets et al., 1990; Scalabrino et al., 2010).

Consecuencia del escenario complejo generado por la subducción y la presencia del ridge, es que se genera la subducción oblicua de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana. Además, el régimen transpresional que es generado por lo anterior (Cembrano et al 1999, 2002; Lavenu y Cembrano, 1999, Angermann et al., 1999; Arancibia et al., 1999; Thomson, 2002; Rosenau et al., 2006; Vargas et al., 2013) ha formado la Zona de Falla Liquiñe – Ofqui como respuesta mecánica del margen continental. La falla comenzó a desarrollarse desde el Mioceno Tardío al Reciente, ubicada al oeste del Batolito Patagónico, presenta una traza de 1200 km, con desplazamientos de rumbo dextral y una orientación preferencial N-S como se aprecia en la Figura 6(a) (Herve, 1976; Charrier et al., 2007; Boetsch, 2014). Varios Autores (Cembrano y Lara, 2009; Hervé, 1976, Cembrano et al., 2002; Rosenau et al. 2006; Vargas et al., 2013) proponen que este sistema estructural ha controlado el emplazamiento de los centros eruptivos del Mioceno, ya que este ha estado actuando como canal de ascenso para los magmas, y habría controlado los mecanismos de transporte, y diferenciación de estos últimos, además de determinar la distribución y naturaleza de la Zona Volcánica Sur.

Otro rasgo estructural importante en los Andes Patagónicos es la Faja Plegada y Corrida de la Patagonia (FPCP, Figura 6(a)). Esta corresponde al frente orogénico de la Cordillera Patagónica, que presenta una serie de fallas inversas de orientación N-S a E-O, paralelas al margen de subducción y con una vergencia principal este. La FPCP se desarrolló entre el Cretácico Superior y el Mioceno Superior, alzando secuencias estratigráficas Cretácicas a Neógenas por sobre el relleno actual de la cuenca de antepaís, asociada al régimen tectónico compresivo que afecta a la zona desde el Cretácico Inferior al Presente (Kley et al., 1999; D'Orazio et al., 2001; De la Cruz y Suárez, 2008; Boetsch, 2014).

La zona de estudio corresponde a una depresión tectónica profunda, transversal a la Cordillera Patagónica Central. Esta depresión estaba ocupada por glaciares durante el Plioceno – Cuaternario, lo cual contribuyó al largo y ancho del lago, cercano a los 150 km y 10-20 km respectivamente, con una superficie de 1818 km^2 (Bell, 2009). El lago presenta su profundidad máxima a 585 mbnm (Lagabrielle et al., 2004; Murdie et al., 1999; Scalabrino et al., 2010).

En el área de estudio encontramos fallas inversas con orientación norte-sur, con vergencia al este y al oeste, que afectó rocas del Paleozoico, Jurásico, Cretácico inferior y localmente rocas

Cenozoicas. Varias de estas fallas se interpretan como producto de un régimen tectónico compresivo (De la Cruz y Suárez, 2006), también es posible encontrar fallas normales con orientación este-oeste. El frente morfotectónico de la cordillera (al sur de Chile Chico), presenta una franja norte-sur donde los depósitos de la Formación Ibáñez, Guadal, y los basaltos eocenos se encuentran fallados y plegados (De la Cruz y Suárez, 2008).

3.3 EVOLUCIÓN GEODINÁMICA

La evolución geodinámica de la Patagonia, se puede entender a grandes rasgos a partir de siete regímenes tectónicos, los cuales se describen a continuación.

Con edades paleozoicas encontramos el basamento metamórfico, que corresponden a las rocas más antiguas de la zona, pertenecientes al Complejo Metamórfico Andino Oriental (CMAO) (Hervé *et al.*, 1998). El basamento metamórfico está compuesto por rocas meta – sedimentarias con facies de esquistos verdes. También hay presencia de intercalaciones de mármoles con protolito de caliza. El CMAO se encuentra ubicado en la Cordillera Patagónica. Este se habría formado debido a procesos de deformación, metamorfismo y plutonismo syntectónico, asociado a la subducción de la litósfera oceánica, colisión y amalgamación de terrenos en el margen occidental (Niemeyer, 1975; Miller, 1984; Townley *et al.*, 2000). El CMAO ha sido materia de múltiples estudios con el fin de determinar la proveniencia de su protolito como también su relación de contacto con cuerpos intrusivos correspondiente al margen oriental del Batolito Patagónico (Calderón, 2000; Valdés, 2005).

En el Jurásico Inferior se generaron meta – areniscas en el Archipiélago los Chonos (AC) que han sido interpretadas como pertenecientes a un prisma de acreción (Davidson *et al.*, 1987; Mpodozis y Ramos, 2008) denominado Complejo Metamórfico Occidental (Figura 6(a); Hervé *et al.*, 2007). Más al este, en la Cordillera Patagónica, entre los 40 y 44°S, afloran franjas de granitoides del Batolito Subcordillerano de edades entre 187 y 178 Ma y orientación principal NNO – SSE. Los valores obtenidos por geoquímica indican que son granitos tipo I, calcoalcalinos, con valores relativamente altos de ϵ_{Nd} (Rapela *et al.* 2005, 2008). Lo que podría implicar una subducción activa durante este periodo.

Durante el Jurásico Medio y Superior, entre 170 – 150 Ma, se generó la Provincia Magmática Chon Aike (PMCA), compuesta de mantos de ignimbritas félsicas y, en menor medida, basaltos alcalinos. Este carácter bimodal es principalmente ácido, por lo que la PMCA se habría generado producto de una fusión cortical. Estudios indican que este volcanismo habría estado asociado a sistemas de hemigrábenes con orientación NNO a NO (Robbiano *et al.*, 1996). Además se habrían desarrollado sistemas de rift con orientación NNO – SSE. El cese de la actividad del Batolito Subcordillerano (Jurásico medio; Martin y Hartnady, 1986; Tabla 3.1), en conjunto con la fusión cortical, el desarrollo de hemigrábenes y sistemas de rift, permiten interpretar una interrupción de la actividad magmática ligada a la subducción e inferir un régimen de extensión durante este periodo (Tabla 3.1; Niemeyer *et al.*, 1984; Mpodozis y Kay, 1990; De la Cruz *et al.*, 2003; Pankhurst *et al.*, 1998; Calderón, 2006; Charrier *et al.*, 2007).

Entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior se depositó la secuencia volcanosedimentaria de la Formación Ibáñez, la cual se encuentra presente en la zona de estudio (Figura 6(a); Niemeyer, 1975; Niemeyer et al., 1984) que presenta edades entre 152–142 Ma (dataciones U–Pb en circones y K–Ar en biotita; De la Cruz y Suárez, 2008). La Formación Ibáñez se encuentra en paraconformidad sobre el basamento Paleozoico (Niemeyer et al., 1984), la signatura geoquímica de lavas y domos presentes poseen una afinidad calcoalcalina (Baker et al., 1981; Quiroz, 2000) que permite interpretar una subducción activa para este periodo. Durante el mismo periodo el Batolito Patagónico intruyó (Figura 6(a)) en el margen occidental de Sudamérica, en una franja N-S paralela al margen de granitoides calcoalcalinos, que en conjunto su signatura geoquímica y ubicación, evidencian una migración del arco al oeste entre los 150 – 110 Ma (Bruce et al., 1991; Pankhurst et al., 1999; Hervé et al., 2007).



Figura 7: Relaciones crono-estratigráficas, estructuras principales y evolución tectónica de la Región de Aysén. CMAO: Complejo Metamórfico Andino Oriental; CMO: Complejo Metamórfico Occidental; ZFLO: Zona de Falla Liquiñe – Ofqui; FPCP: Faja Plegada y Corrida de la Patagonia; PT: Punto Triple; Mx: mineralización. Extraído de Boetsch, 2014

Durante el Cretácico se depositaron las rocas sedimentarias del Grupo Coyhaique, las cuales sobreyacen a la Formación Ibáñez. Esta se interpreta como sucesiones de transgresión y regresión marina (De la Cruz et al., 2003), ubicada en el sector de tras-arco con orientación N–S. El contenido de fósiles permite establecer que esta sucesión se depositó desde el Titoniano al Aptiano temprano (Skarmeta, 1976; Niemeyer et al., 1984; Bell y Suárez, 1997). A partir del ambiente depositacional, se ha interpretado que durante este periodo se desarrollaron las cuencas

de tras-arco denominadas Cuenca Austral de Magallanes y Cuenca de Aysén. Las cuencas se habrían desarrollado durante un régimen extensivo y subsecuente subsidencia termal (Figura 7); (Bell et al. 1999). Por último, estos antecedentes permiten interpretar que este periodo se caracterizó por una extensión de tras-arco asociada a un régimen de subducción (Figura 7).

En el Aptiano se depositaron andesitas intercaladas con sedimentos marinos en la Cuenca de Aysén. La signatura geoquímica de las andesitas presenta afinidad calcoalcalina, por lo que se ha interpretado que estos depósitos son productos de un alzamiento del área principal del arco volcánico que habría permitido la erosión y transporte de sedimentos hacia el este, generando un hiatus entre el Cretácico Inferior alto y Paleoceno inferior (De la Cruz et al., 2003), lo que da evidencias del cierre de la Cuenca de Aysén asociada a un régimen tectónico compresivo. (Figura 7; Boetsch, 2014), periodo en el cual se exhumó parte del CMAO y de la Formación Ibáñez. Por otra parte, en la zona sur de la Cuenca Austral de Magallanes, se emplazaron rocas máficas a ultramáficas con afinidad de corteza oceánica, que conforma el complejo de Ofiolitas pertenecientes a la cuenca de Rocas Verdes (Figura 7), evidenciando una sutura continental en este sector (Townley et al., 2000; Mpodozis y Ramos, 2008). Por último, en el techo de la sucesión se depositan rocas félsicas volcanoclásticas, piroclásticas y epiclásticas, relacionadas a un volcanismo subaéreo y explosivo, denominados Formación Divisadero (Figura 7; Heim, 1940), que evidencian que el arco magmático se encuentra activo hasta el Cretácico Superior (Aptiano) (Townley et al., 2000; Niemeyer et al., 1984). Otras rocas del Cretácico temprano que encontramos en la zona de estudio son las Volcanitas Estero Lo Burgos y los Hipabisales y domos Cerro Bayo.

Ya en el Paleoceno Superior-Eoceno Inferior continúa el registro estratigráfico, con depósitos fluviales acumulados en un clima tropical a subtropical, en discordancia angular sobre el CMAO y la Formación Ibáñez representados por la formación Ligorio Márquez. En el Oligoceno Superior-Mioceno inferior, se deposita con paraconcordancia, la formación Guadal, conformada por depósitos de mar somero (De la Cruz y Suárez, 2006).

Durante el Paleoceno y el Eoceno inferior, se depositan rocas volcánicas máficas, correspondientes a los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico, ubicados al sur del Lago General Carrera. Esto se debe al desarrollo de un tectonismo de tipo extensional, que generó un volcanismo de tipo básico (Espinoza et al., 2005), en donde secuencias de lavas sobreyacen en contacto por erosión a la Formación Ligorio Márquez.

Durante el Oligoceno superior – Mioceno Inferior, se produjo una transgresión marina cuyos sedimentos y restos fósiles se distribuyen en la región de Aysén, generando la Formación Guadal (Niemeyer, 1975).

Durante el Mioceno medio nuevamente ocurrió un extenso volcanismo básico de plateau, rocas que son agrupadas como Basaltos Superiores de la Meseta de Chile Chico (Charrier et al., 1979). Entonces durante el Cenozoico, estas sucesiones basálticas se depositaron en el tras-arco. Su signatura geoquímica, principalmente alcalina, es típica de volcanismo de intraplaca. También se observa una afinidad subalcalina a alcalina, más joven hacia el norte, posiblemente asociado a la subducción oblicua del Ridge de Chile bajo el continente (Figura 6 (b)). Según varios autores

el ridge habría colisionado con el extremo sur del continente hace 14 Ma, generando ventanas astenosféricas bajo la corteza continental. (Figura 6; Ramos y Kay, 1992; Gorring et al., 1997; D'Orazio et al., 2000, 2001; Singer et al. 2004; Charrier et al., 2007; De la Cruz y Suárez, 2008).

Finalmente durante el cuaternario, la zona se vio afectada por glaciaciones intermitentes a partir del Pleistoceno medio, generando una amplia diversidad de depósitos (morrenas, terrazas glaciolacustres, circos glaciares y otras morfologías glaciares). Además la cuenca del Lago General Carrera se vio afectada por procesos de erosión, que han modelado la topografía actual de la zona, en su extremo oriental. En Argentina, ha dejado un total de 15 morrenas, agrupadas en cinco complejos morrénicos que representan periodos glaciares mayores (intioglacial, Daniglacial, Gothiglacial y Finiglacial) con edades cercanas al millón de años (De la Cruz y Suárez, 2008).

3.4 GEOLOGÍA

3.4.1 PALEOZOICO

3.4.1.1 Complejo Metamórfico Andino Oriental, CMAO (Devónico – Carbonífero, 460-310 Ma)

El Complejo Metamórfico Andino Oriental, corresponde a las rocas metamórficas previas al Jurásico Medio-Superior, que afloran al este del Batolito Patagónico, desde el Lago General Carrera (46° S), hasta el límite norte de los Campos de Hielo Sur (Hervé, 1993). Estas rocas constituyen el basamento en esta área.

Presenta esquistos (micáceos y de cuarzo-muscovita) y filitas, además mármoles de bajo grado metamórfico (hasta esquistos verdes). Debido a las deformaciones polifásicas se han obliterado las estructuras sedimentarias originales (De la Cruz y Suárez, 2008). Las rocas se encuentran localmente oxidadas y alteradas por la intrusión de pequeños stocks dacíticos y andesíticos. También se ha observado que subyace discordantemente a la Formación Ibáñez y se encuentra intruido por rocas hipoabisales Mesozoicas.

El origen del CMAO es considerado por Hervé et al. (1985) como sedimentos depositados en un margen pasivo como “backstop” del complejo metamórfico de Chonos de edad triásica tardía, donde los sedimentos corresponden a rocas generadas en un margen activo (Augustsson y Bahlburg, 2002).

3.4.2 MESOZOICO

3.4.2.1 Formación Ibáñez (Jurásico superior–Berrisiano, 152–142 Ma)

Esta formación corresponde a una sucesión de rocas volcánicas y volcanoclásticas, principalmente ácidas a intermedias, depositadas en un ambiente subaéreo, siendo la localidad tipo definida por Niemeyer (1975) en las cercanías de Puerto Ingeniero Ibáñez, en la costa norte

del Lago General Carrera, la que se encuentra ampliamente expuesta en las riberas del lago.

Representa el 65-70% aproximadamente de la zona de estudio, la formación comprende principalmente rocas piroclásticas con espesores de 2.000 m. Las principales litologías corresponden a ignimbritas, tobas de caída riolíticas y dacíticas, lavas dacíticas a basálticas, domos dacíticos a riodacíticos, presentando en menor medida intercalaciones de tobas, tufitas, calizas y brechas matriz soportadas (De la Cruz y Suárez, 2008; Quiroz y Bruce, 2010; Bruce, 2010).

Esta formación compuesta por una gran variedad de rocas volcánicas, representa la actividad explosiva relacionada a procesos de subducción (Fm. Ibáñez tiene un predominio de naturaleza calcoalcalina) durante el tectonismo extensional relacionado con las etapas tempranas de la fragmentación de Gondwana (Baker et al., 1981; Suárez et al., 1999; Suárez et al., 2009). La Formación Ibáñez viene a representar los últimos periodos volcánicos de la Provincia de Chon Aike (Pankhurst et al., 1998,2000; Riley et al., 1999,2000 en Suárez et al., 2009).

Esta formación sobreyace en discordancia al CMAO, mientras que subyace a la Formación Toqui de manera concordante o contacto por erosión con la misma. También presenta un contacto concordante con la Formación Divisadero, en donde el Grupo Coyhaique está ausente.

Dataciones radiométricas (Ar/Ar y K-Ar) indican edades entre los 140 y 150 Ma (Bruce, 2001; Ramos et al., 1982; Quiroz, 2000; De la Cruz y Suárez, 2006). También se dispone de edades de $153 \pm 1,0$ Ma en Pto. Levicán (Pankhurst et al., 2000). Se correlaciona con las formaciones El Quemado y Lago de La Plata, en Argentina, en la que esta última sobreyace a depósitos marinos de Toarciano (Quiroz, 2000). Por tanto, las rocas se habrían depositado en el Jurásico Medio a Superior (Charrier et al., 2007).

3.4.2.2 Cuerpos hipabisales Avellano–Levicán (Jurásico Superior–Cretácico Superior)

Cuerpos intrusivos subvolcánicos que conforman diques, filones manto y “stocks”, en general calcoalcalinos y en menor medida alcalinos (Bruce, 2001), estos se encuentran confinados exclusivamente a la Formación Ibáñez. Parte importante de estos cuerpos están presentes al SO de Puerto Ibáñez, entre río Avellano y la península Levicán, donde se encuentran intruyendo secuencias de rocas piroclásticas de la Fm. Ibáñez.

Los cuerpos presentes son de variada composición, sin embargo se agrupan en dos tipos principalmente: basaltos – andesitas y dacitas–riolitas. El tamaño de los diques varían desde 1 m de espesor hasta varios cientos de metros de extensión superficial (Bruce, 2001).

3.4.2.3 Grupo Coyhaique (Titoniano – Aptiano)

Haller y Lapido (1980) definieron el Grupo Coyhaique como el conjunto de formaciones sedimentarias que representan la transgresión marina de la Cuenca Austral en la Cordillera Patagónica Central ($43^\circ - 48^\circ$ S). Esta formación fue definida de manera informal por Lahsen

(1966) como formación Coyhaique, la que consistía en sucesiones de lutitas y areniscas fosilíferas marinas ubicadas estratigráficamente entre las formaciones Ibáñez (base) y Divisadero (techo). El Grupo Coyhaique está compuesto por tres unidades, de más antiguo a más joven:

- Formación Toqui (Titoniano-Berrisiano): Compuesta por capas calcáreas y arenosas, y en menor medida tufitas y tobas. Gran presencia de fósiles marinos, En su localidad tipo presenta potencias entre los 50 – 215 m (Suárez y De la Cruz, 1994). Presenta un contacto concordante e interdigitado con la Fm. Ibáñez y subyace a la Formación Katterfeld (Suárez et al., 2010).
- Formación Katterfeld (Berrisiano-Hauteriviano): Constituida principalmente por lutitas negras, fangolitas y limonitas calcáreas finamente laminadas subhorizontales y muy falladas, además presenta intercalaciones de areniscas y escaso material detrítico andesítico. Las limonitas presenta niveles fosilíferos con ammonites y abundantes bivalvos. Al SE del delta de Fachinal alcanza potencias de 400 m. Sobreyace en contacto concordante y transicional a la Formación Toqui, y subyace de la misma manera a la Formación Apeleg (Bell y Suárez, 1997).
- Formación Apeleg (Barremiano-Aptiano temprano): Consiste en areniscas grises y gris verdosa, de grano medio, bien estratificadas con laminación y estratificación cruzada, con intercalaciones de lutitas con fósiles marinos y niveles limoníticos con abundante mica blanca (Ploszkiewicz y Ramos, 1977; Suárez y De la Cruz, 1994; Bell y Suárez, 1997 en Aravena, 2014). Esta formación presenta potencias variables mayores a los 200 m hasta potencias máximas de 1200 m (Bell y Suárez, 1997). Sobreyace a la Formación Katterfeld y no presenta techo expuesto (De la Cruz y Suárez, 2008). Su ambiente de depositación correspondería a marino de plataforma, con depósitos de barras, generado por corrientes mariales y tormentas locales, en un medio oxigenado de alta energía. (Bell y Suárez, 1997).

3.4.2.4 Formación Divisadero (Aptiano)

Se define como una secuencia de rocas volcánicas subaéreas de composición ácida a intermedia, que se encuentran cubriendo los depósitos de la cuenca marina del Cretácico Inferior. Esta formación fue definida por Heim (1940) a 120 km hacia el norte de la zona de estudio, en el cerro homónimo, ubicado en la capital regional, ciudad de Coyhaique, lugar donde presenta potencias de 800-1500 m (De la Cruz et al., 2003).

Al noreste del área de estudio encontramos secuencias piroclásticas (ignimbritas y tobas de caída) de colores gris verdoso, limonitas tobáceas y tobas de colores rojizos (De la Cruz y Suárez, 2008). Al Sur del Lago Elizalde se ha observado un contacto en discordancia angular sobre las lavas de la Fm. Ibáñez y sobre capas levemente plegadas de la Fm. Apeleg (De la Cruz et al., 2003)

Esta formación es interpretada como depositada en un ambiente volcánico subaéreo, debido a sus troncos fósiles en posición de vida, de carácter ácido y explosivo, incluyendo

depósitos de planicie de inundación, en cierta medida subácueos, debido a la presencia de capas finamente laminadas.

3.4.2.5 Hipabisales y domos Cerro Bayo (Aptiano)

Estos corresponden a domos y cuerpos hipabisales de composición dacítica y riolítica, que afloran al oeste de Chile Chico. Estos se encuentran controlados por fallas de rumbo con dirección norte-sur.

Los cuerpos tienen diferentes formas de emplazamiento, tales como diques, filones manto y stocks, con dimensiones de metros a decenas de metros, que intruyen principalmente a rocas de la Formación Divisadero y aisladamente a rocas del Grupo Coyhaique y de la Formación Ibáñez. El cerro Bayo lo constituye un domo riolítico fluidal, presenta una fuerte alteración a caolinita y trazas de sericita. Presenta textura porfídica con masa fundamental obliterada (De la Cruz y Suárez, 2008)

3.4.2.6 Volcanitas Estero Lo Burgos (Albiano)

Corresponden a rocas andesíticas y basálticas alteradas y erosionadas. Estas se encuentran aflorando en los alrededores de Chile Chico. Se encuentran sobre la Formación Ibáñez. Sin embargo, las relaciones de contacto no son reconocibles (De la Cruz y Suárez, 2008). Corresponden principalmente a andesitas porfídicas de piroxeno y anfíbola, con una masa fundamental intergranular, plagioclasas argilizadas y anfíbolos cloritizados y los basaltos son de piroxeno y olivino (De la Cruz y Suárez, 2008).

3.4.2.7 Riolita Cerro Pico Rojo (Cretácico Inferior alto? – Cretácico Superior)²

Es un complejo volcánico ácido de distribución restringida al cerro homónimo, ubicado en las cercanías de Puerto Ibáñez, camino al paso fronterizo Pallavicini. Compuesta por remanentes de domos, lavas ácidas tipo coulee y tobas asociadas, interpretados por Bruce (2001) como flujos pumíceos soldados y como depósitos de bloques y cenizas.

Estas lavas riolíticas presentan textura afanítica y débilmente porfírica (Bruce, 2010). En el margen oriental hay presencia de obsidias con bandas de flujo color rojo. Esta formación también presenta rocas piroclásticas, principalmente tobas vítreas pobres en cristales.

² (SIC) Quiroz P, D., & Bruce, Z. (2010). Geología del Área Puerto Ingeniero Ibañez - Villa Cerro Castillo, Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 124: 48 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

La geoquímica de esta formación muestra riolitas altas en sílice, peralcalinas a débilmente metaluminosas, ubicándola dentro del campo de granitos intraplaca, diferenciándola de las formaciones Ibáñez y Divisadero (Quiroz y Bruce, 2010).

3.4.2.8 Batolito Patagónico

Consiste en un extenso complejo intrusivo que ocupa el eje de la Cordillera Patagónica y presenta una extensión de 20 a 130 km de ancho y cercano a los 1.800 km de longitud, es decir se extiende desde los 40° S hasta los 56° S (Pankhurst y Hervé, 1994; Quiroz y Bruce, 2010)

Este está constituido por rocas intrusivas calcoalcalinas, con edades que varían entre el Cretácico Inferior y el Mioceno (Pankhurst et al., 1994; Suárez y De la Cruz, 2001; De la Cruz, 2003). Las litologías presentes cercanas a la zona de estudio corresponden a monzogranitos de biotita de grano grueso, tonalitas de biotita y anfíbola, de grano medio. De acuerdo a Quiroz y Bruce (2010) se obtuvieron edades K-Ar en biotita de 98 ± 2 Ma, que representaría una edad cercana a la cristalización de la roca.

3.4.3 CENOZOICO

3.4.3.1 Formación Ligorio Márquez (Paleoceno tardío)

Compuesta por areniscas de cuarzo, conglomerados, lutitas y algunos niveles de lutitas carbonosas y carbón. Definida al norte de la laguna Los Flamencos (sur de Chile Chico) con espesores de mínimos de 60 m, además aflora en las cercanías de la localidad de Puerto Guadal y del Río Horquetas (lugar donde presenta un espesor mínimo de 200 m).

Esta formación sobreyace en discordancia angular al CMAO, y en discordancia y paraconcordancia sobre la Formación Ibáñez, y en paraconcordancia sobre la Formación Toqui. Esta subyace con discordancia de erosión a los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico.

Esta formación es interpretada como un ambiente deposicional inicial de una cuenca de antepaís desarrollada en el Cenozoico (Suárez y De la Cruz, 2006), en donde los depósitos se acumularon a partir de ríos trezados, distales a la fuente de origen, debido a la presencia de sedimentos con buena selección y redondeamiento, mediciones en la estratificación estiman que la proveniencia de los depósitos sería de altos topográficos proveniente de rocas de la Formación Ibáñez. A partir de la paleoflorística presente en la formación, correspondería a un bosque o selva con un clima tropical a subtropical (Suárez et al., 2000; Troncoso et al., 2002 en De la Cruz y Suárez, 2008).

3.4.3.2 Basaltos Inferiores Meseta Chile Chico (Paleoceno tardío – Eoceno)

Corresponde a lavas de composición basáltica, definidas por Charrier et al. (1979) y por Niemeyer et al. (1984). Su denominación actual fue introducida por Espinoza y Morata (2003), debido a que estas se encuentran al SO de la localidad de Chile Chico. Presenta espesores de 200-350 m. Estas rocas sobreyacen con discordancia de erosión a las formaciones Ibáñez y Ligorio

Márquez. Los Basaltos Inferiores subyacen a los Basaltos Superiores y a la formación Guadal. Además en la zona encontramos cuerpos aislados como oleadas piroclásticas y diatremas.

La litología corresponde a basaltos afaníticos y porfídicos, localmente brechosos, estos están dentro del rango de basaltos, basanitas y traquibasaltos en el diagrama de álcalis total versus sílice (De la Cruz y Suárez, 2008). A partir de estudios de elementos trazas y la correlación de Ba/Nb y La/Nb, que indican similitud a los basaltos tipo OIB (Oceanic Island Basalts). Lo que indicaría un origen por bajo grado de fusión parcial de un magma generado desde un manto enriquecido, interpretado como lavas relacionadas con una ventana astenosférica, durante el periodo de subducción de la dorsal Farallon-Aluk (Espinoza et al., 2005).

3.4.3.3 Formación Guadal (Oligoceno tardío – Mioceno temprano bajo)

Corresponde a secuencias sedimentarias marinas fosilíferas (bivalvos, gastrópodos, crustáceos, equinodermos y braqueópodos), con potencias de aproximadamente 110 m mínimo y presenta un color verde parduzco (De la Cruz y Suárez, 2008). Descrita por Heim (1940) y por Niemeyer (1975) al SE de la localidad de Puerto Guadal.

Al sur de Chile Chico esta formación sobreyace a los Basaltos Inferiores y subyace a los Basaltos Superiores, separada en ambos casos por un hiatus (Basaltos inferiores 34,2 Ma; Flynn et al., 2002 y los Basaltos Superiores 7-9 Ma). La edad asignada a partir de estudios en flora fósil, está comprendida entre el Eoceno Superior y Mioceno.

El ambiente de depositación de la Formación Guadal corresponde a una plataforma principalmente silicoclástica, aguas marinas relativamente cálidas, con episodios carbonatados, los cuales representan episodios transgresivos-regresivos, con influencia de planicies fluviales y llanuras de inundación (Frassinetti y Covacevich, 1999).

3.4.3.4 Basaltos Superiores de la Meseta de Chile Chico (Mioceno medio-tardío)

Rocas que forman una meseta que corona las unidades más antiguas en las altas cumbres de la zona centro-sur del área de estudio, con espesores de 200-350 m (De la Cruz y Suárez, 2008). Descritos por Charrier et al. (1978) y denominados inicialmente como Basaltos Superiores de la Meseta de Buenos Aires. Presenta edades K-Ar de 16-7 Ma (Charrier et al., 1979; Baker et al., 1981; Flynn et al., 2002; Espinoza, 2003). Esta formación sobreyace en discordancia de erosión y con hiatus a la Formación Guadal y subyace a los Basaltos Pico Sur del Plioceno.

Compuesta por basaltos, basanitas, traquibasaltos, traquiandesitas basálticas y tobas riolíticas. Presenta variaciones en el contenido de elementos trazas altamente incompatibles (HFSE, REE) que indican un rango más amplio en los valores del grado de fusión parcial por la que se generó esta unidad, en comparación con los Basaltos Inferiores (Espinoza et al., 2005). Sin embargo, esto indica que el origen de estas secuencias de lavas fue por fusión parcial de grado bajo a medio desde una fuente astenosférica primitiva. Por otra parte las rocas con características transicionales muestran participación de componentes relacionados a subducción (De la Cruz y Suárez, 2008). Existen dos propuestas con respecto al ascenso de estas lavas, pues Guivel et al.

(2006) propone que los magmas ascendieron a través de una zona de desmembramiento de la placa de Nazca durante el Mioceno medio en adelante. Por otra parte autores como Gorrington et al. (1997), Gorrington y Kay. (2001) y Espinoza et al. (2005) postularon modelos que sugieren un ascenso de los magmas mediante una apertura (ventana astenosférica) generadas entre las placas subductadas de Nazca y Antártica, producto de la subducción de la Dorsal de Chile bajo el continente Sudamericano a partir del Mioceno tardío. Guivel et al. (2006) explica esta discrepancia temporal mediante el concepto de fractura del slab que precedería el arribo de la dorsal oceánica.

3.4.3.5 Monzonita Cuarcifera Avilés (Mioceno tardío)

Cuerpo que aflora al oeste de la zona de estudio, en los alrededores del Río Avilés. Este presenta una superficie expuesta de 21 Km². Emplazado en la Formación Ibáñez y en rocas corneanas de la Formación Apeleg. Los contactos con la roca caja son abruptos, y en los distintos tipos petrográficos en la unidad son graduales (De la Cruz y Suárez, 2008).

Compuesto principalmente por monzonita cuarcifera de biotita, piroxeno y anfíbola de grano medio. Además, incluye filones y diques, de monzodioritas, dioritas cuarcíferas y andesitas. Presenta edades de $9,6 \pm 0,6$ Ma como edad mínima, pero cercana a la edad de cristalización. (De la Cruz y Suárez, 2008). Este cuerpo se interpreta como emplazado a una profundidad cercana a los 3 km (Vargas y Hervé, 1994), además Thomson et al. (2001) señala que el complejo sufrió un enfriamiento muy rápido posterior al emplazamiento, de temperaturas de intrusión de 700°C a temperaturas cercanas a los 280°C en un lapso de 1 Ma.

3.4.3.6 Complejo Plutónico Paso las Llaves (Mioceno Superior)

Se observa al sur del Lago General Carrera a orilla de camino entre Puerto Guadal y Chile Chico, con una exposición de 3 Km². Este cuerpo se emplazó en la Formación Ibáñez, presentando contactos abruptos con la roca encajante, y al igual que la Monzonita Cuarcifera Avilés, presenta contactos graduales entre los distintos tipos petrográficos (De la Cruz y Suárez, 2006). La petrografía predominante corresponde a granodioritas y dioritas, pero se pueden encontrar variaciones desde granodioritas hasta gabros, además hay presencia de pegmatitas graníticas con cavidades miarolíticas, hay abundante presencia de xenolitos orientados de esquistos del CMAO.

De la Cruz y Suárez (2006) presenta edades de $10 \pm 1,1$ Ma en K-Ar, en biotita secundaria. La profundidad de emplazamiento corresponde a 3 km (Vargas y Hervé, 1994), y sus condiciones de enfriamiento rápido son similares a la de la Monzonita Cuarcifera Avilés, donde esto pudo ser debido a una exhumación rápida, asociada a un alzamiento tectónico (Thomson et al., 2001). Además este cuerpo tendría continuidad hacia el este con la Monzonita Cuarcifera Avilés.

3.4.3.7 Basaltos Pico Sur (Plioceno)

Definida informalmente por De la Cruz y Suárez (2008) como una secuencia de lavas

basálticas ubicada en los cordones más altos al SO de Chile Chico.

Al igual que los Basaltos Superiores de la Meseta de Chile Chico, esta presenta basaltos, basanitas, traquibasaltos y traquiandesitas basálticas. Su geoquímica es similar a los mencionados previamente y algunos autores han ido incluyendo sistemáticamente a los Basaltos Pico Sur en los Basaltos Superiores (Charrier et al., 1979; Niemeyer et al., 1984; Espinoza, 2003; Espinoza et al., 2005), y de hecho constituyen el techo de la secuencia y la actual superficie de erosión. Pero son considerados diferentes pues existe un hiatus (De la Cruz y Suárez, 2008). La edad asignada para estos basaltos es de $5,7 \pm 0,3$ y los $3,7 \pm 0,2$ Ma (K-Ar en roca total) (Charrier et al., 1979; Baker et al., 1981; Espinoza et al., 2005).

Esta unidad es interpretada como extruida posterior a la subducción del segmento de la Dorsal de Chile, que colisionó con la Placa Sudamericana cercano a los 6 Ma y tienen la misma signatura geoquímica, por lo que se les da igual interpretación petrogenética que los Basaltos Superiores (De la Cruz y Suárez, 2008).

3.4.4 PLEISTOCENO

3.4.4.1 Depósitos Deltaicos

Corresponden a sedimentos regularmente consolidados, aterrazados, de 100 - 150 m de espesor. Constituidos principalmente por grava, arena y limo, con mega estratificación inclinada, laminación horizontal y cruzada.

Los depósitos fueron acumulados por antiguos deltas, generados en la desembocadura de ríos en el lago asociado al retiro de glaciares que estaban en parte de la depresión actual del Lago General Carrera (De la Cruz y Suárez, 2008). Estos depósitos que conservan estructuras de abanicos limitados por pendientes abruptas. Han sido interpretados como deltas de tipo Gilbert, los cuales corresponderían a paleoniveles base del actual Lago General Carrera (Bell, 2009).

3.4.4.2 Depósitos Morrénicos

Corresponden a sedimentos semicompactados, constituidos en su mayoría por gravas, arenas y arcillas. Estos se encuentran en forma de montículos elongados y curvos, presentando un intenso retrabajo fluvial y aluvial. Se encuentran bien expuestos al sur de Chile Chico, donde encontramos los depósitos a altura de 470 y 1120 msnm. A estos depósitos se les asigna una edad de Pleistoceno tardío, pues tiene continuidad lateral con los complejos morrénicos Fenix y Menucos expuestos en Argentina en el margen este del lago, los que presentan edades de entre 15.800 – 23.000 años (Singer et al., 2004).

3.4.4.3 Depósitos Fluvioglaciales

Sedimentos moderadamente consolidados, constituido por secuencias de gravas clasto soportadas, subangulosas con matriz arenosa e intercalaciones de arena y limo con estratificación cruzada y horizontal (De la Cruz y Suárez, 2008). Sobreyacen en contacto erosivo a rocas

sedimentarias del Neógeno. Estos depósitos alternan con morrenas y se orientan paralelas al margen glaciar que los formó. Se le asigna edad Pleistocena tardía, debido a su continuidad lateral con depósitos expuestos en Argentina.

3.4.4.4 Depósitos Glaciolacustres

Corresponde a sedimentos moderadamente consolidados, compuesto por secuencias arcillosas de varves con dropstones. Estos los encontramos a orillas del camino a Puerto Guadal. Estos presentan fallas y pliegues sinsedimentarios (De la Cruz y Suárez, 2008).

Producto de la alternancia que presentan con los cordones morrénicos elongados de dirección este-oeste del Pleistoceno tardío, se interpreta que tiene una edad Pleistocena tardía (De la Cruz y Suárez, 2008), interpretados como depósitos del fondo del glaciar

3.4.4.5 Depósitos Glaciales

Depositos sedimentarios semiconsolidados, que forman terrazas y montículos. Se pueden distinguir depósitos glaciolacustres (arcillas), fluvioglaciales y fluviales, de gravas imbricadas, bancos de arena y depósitos de till indiferenciados de bloques y gravas, inmersos en matriz de arena y arcilla. Estos se pueden observar en el Río Jeinimeni, donde se observan depósitos fluvioglaciales, varves y morrenas laterales. Muchos de estos depósitos se encuentran retrabajados por cursos fluviales menores.

3.4.5 HOLOCENO

3.4.5.1 Depósitos de Remoción en masas

Corresponde a depósitos caóticos, compuestos por fragmentos angulosos a subangulosos. Se encuentra un amplio rango de depósitos, desde material rocoso y sedimentos no consolidados, presentan muy mala selección. La topografía es muy similar para estos depósitos, la que corresponde principalmente a escarpes curvos que marcan una zona de corrimiento (De la Cruz y Suárez, 2008), generados por procesos rápidos de movilización gravitacional y deslizamiento de tierra (Quiroz y Bruce, 2010).

3.4.5.2 Depósitos Coluviales

Depósitos clásticos no consolidados, pobremente estratificados y mal seleccionados, compuestos principalmente por gravas con guijarros y bloques con bordes angulosos a subangulosos, con una matriz de arena y limo (De la Cruz y Suárez, 2008). Estos son acumulados principalmente por procesos de tipo gravitacional, es decir caídas de rocas y flujos de detritos, también por arrastre de corrientes de agua. Estos se presentan como conos o abanicos de alta pendiente, muy comunes en las partes altas de los cerros, localizándose a los pies de circos, artesas y valles colgados (De la Cruz y Suárez, 2008).

3.4.5.3 Depósitos Deltaicos

Compuesta por sedimentos no consolidados que forman abanicos desarrollados en la desembocadura de ríos en el Lago General Carrera, progradando los depósitos de la línea de costa. Compuesto por gravas con redondeamiento regular a bueno que se interdigitan con bancos de arena y limo en menor medida, localizados en las desembocaduras de los ríos Jeinimeni, Avilés y Avellano.

3.4.5.4 Depósitos Fluviales

Sedimentos no consolidados que se han generado por los cursos de aguas actuales (ríos, esteros y arroyos). Consisten principalmente en gravas y bancos de arena y limo. Estos generalmente forman zonas pantanosas, denominados “mallines” (p.e. Río Ibáñez) (Quiroz y Bruce, 2010). En algunos casos se observan zonas aterrizadas en las cuales se acumulan depósitos de llanura de inundación debido al desbordamiento de ríos durante las crecidas. Estos están constituidos por arenas, limos y arcillas, con estratificación y laminación, y con abundante presencia de materia orgánica (De la Cruz y Suárez, 2008).



Figura 8: Depósitos de llanura de inundación en la zona del Salto del Río Ibáñez (Extraído de Aravena, 2014).

3.4.5.5 Depósitos Abanicos Aluviales

Sedimentos no consolidados los cuales fueron generados por cursos de agua y flujos de detritos. Estos se generan en las bases de los cordones montañosos y presentan una forma lobulada (De la Cruz y Suárez, 2008). Los sedimentos tienden a ser inmaduros, de proximal a distal encontramos, bolones y bloques con escaso desarrollo de estructuras sedimentarias, y gravas, arenas y limos con estratificación plana y cruzada.

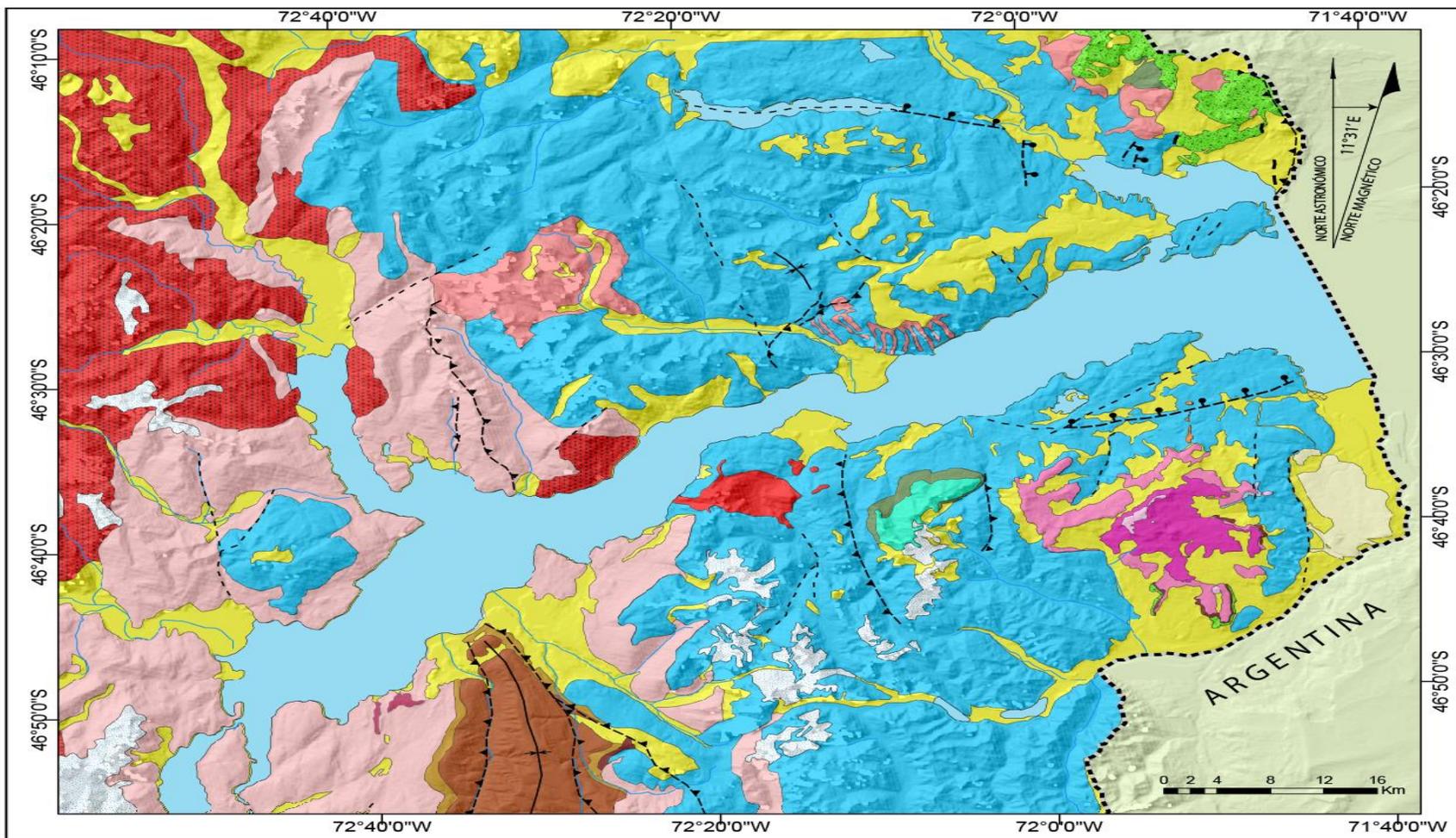


Figura 9: Mapa Geológico de la zona de estudio entre los 46°00"-47°00" S y los 71°40"-73°00". (Modificado de De la Cruz y Suárez, 2006; Quiroz y Belmar, 2010; De la Cruz y Suárez, 2008; Quiroz y Bruce, 2010; Boetsch, 2014).

L E Y E N D A

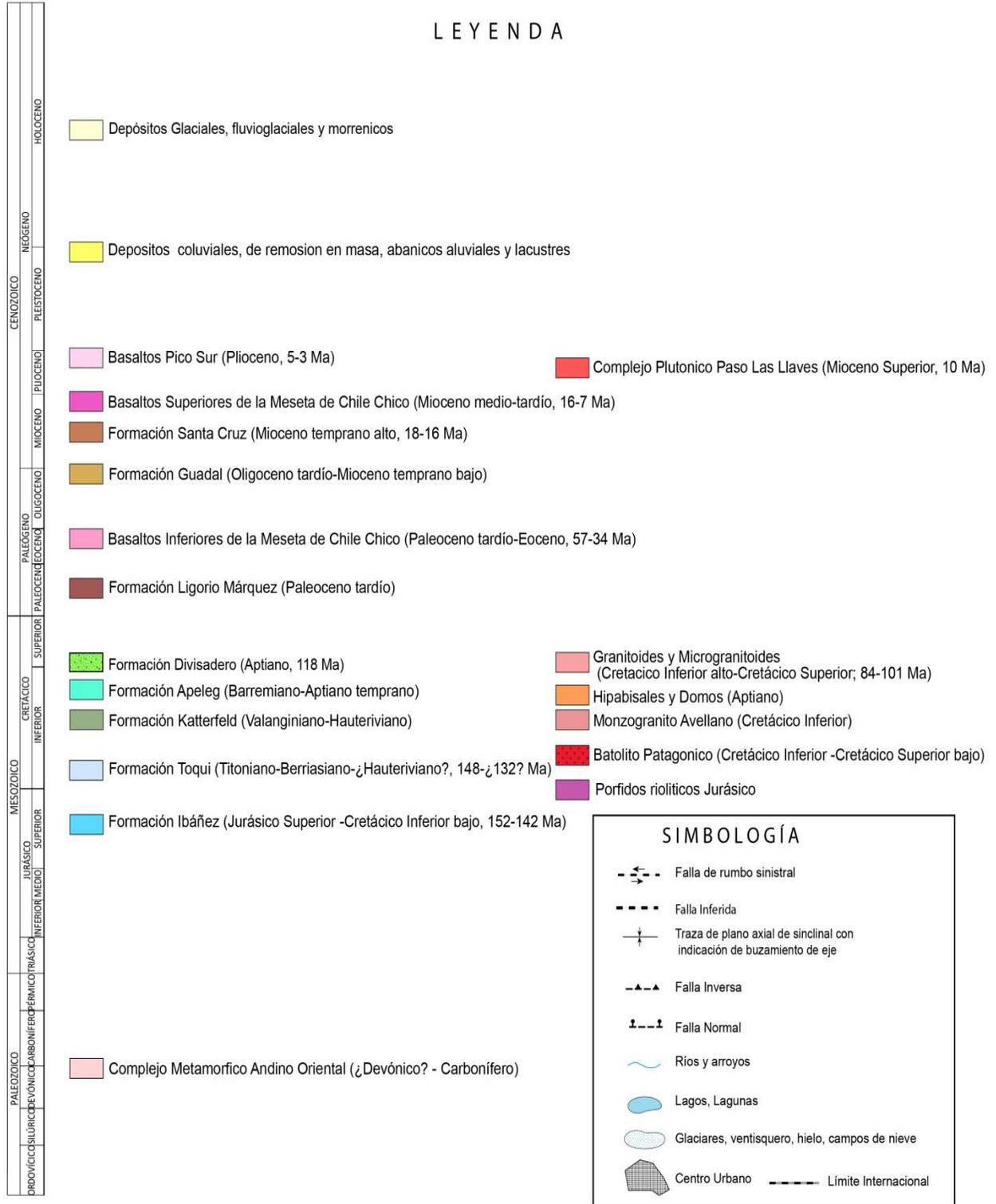


Figura 10: Leyenda y simbología de mapa geológico (Modificado de De la Cruz y Suárez, 2006; Quiroz y Belmar, 2010; De la Cruz y Suárez, 2008; Quiroz y Bruce, 2010; Boetsch, 2014).

4. INVENTARIO DE GEOSITIOS

4.1 RESUMEN METODOLÓGICO

El procedimiento utilizado para la identificación, selección y clasificación de potenciales geositios, se basó en el método propuesto por Brilha (2016), pues ha estudiado distintos métodos con el fin de unificar y sistematizar estos procesos

Los pasos propuesto por Brilha (2016) consisten en:

1. Realizar una revisión bibliográfica de la información geológica del área de estudio (Mapas, reportes, papers, tesis, etc.), permitiendo establecer un marco geológico en la zona estudiada, seleccionaron posibles lugares de interés geológico a partir de puntos de control y afloramientos específicos de formaciones mencionados en la literatura.
2. Generar una lista de potenciales geositios para cada contexto geológico identificado a partir de la literatura.
3. Trabajo en terreno, en el cual se busca identificar y caracterizar todos los sitios incluidos en la lista de potenciales geositios, e identificar nuevos potenciales geositios. Durante el trabajo de campo los sitios deben ser evaluados cualitativamente, considerando los siguientes 4 puntos :
 - i. **Representatividad:** Muestra que tan apropiado es el lugar de interés geológico para ilustrar un elemento, proceso o característica geológica, que contribuya al entendimiento de un tema determinado de la geología en el área, procesos o característica específica de la zona de estudio.
 - ii. **Integridad:** Se refiere al presente estado de conservación del lugar de interés geológico, considerando los procesos naturales y antrópicos.
 - iii. **Rareza:** Considera el número de lugares de interés geológico en el área de estudio que presentan características, elementos o procesos geológicos similares.
 - iv. **Contenido Científico:** Se basa en la cantidad de publicaciones científicas sobre el lugar de interés geológico, y la relevancia de estas.

Al mismo tiempo, en este trabajo se utilizaron las Categorías Geológicas Temáticas (CGT), definidas para la Región de Aysén por el grupo de trabajo de Geopatrimonio de la SEREMI de Minería de Aysén (2016). La principal función de estas es poder asegurar que en territorios con amplia superficie, toda la diversidad e historia geológica de la zona de estudio esté representada en el inventario. Por otra parte basar el inventario de geositios en CGT permite: i) proveer de una estructura para comparar en un contexto, y por tanto seleccionar, los geositios; ii) asegurar que los diferentes tópicos de las ciencias de la tierra reciban la misma consideración; iii) comparar de forma más objetiva los valores de geositios de diferentes zona de estudio (por ejemplo geositios de diferentes países). (Grupo Geopatrimonio SEREMI Aysén, 2016). Se definieron un total de 18 CGT para toda la región, sin embargo para efectos de este trabajo se utilizaron solo 7, debido a que estas abarcan la historia geológica volcánica y plutónica de la zona de estudio. Las Categorías Geológicas Temáticas utilizadas en este estudio son:

- CGT3-Secuencias Volcánicas del Jurásico Superior: Comprende los productos volcánicos coherentes con procesos de subducción, en un contexto geotectónico de tipo extensional, desarrollado durante las etapas medias - tardías de la fragmentación de Gondwana
- CGT5-Complejos Volcánicos del Cretácico: Comprende los registros volcánicos y subvolcánicos, emplazado principalmente en una posición de retroarco, durante el Cretácico medio a tardío, posterior a la ruptura de Gondwana occidental.
- CGT6-Unidades Batolíticas: Contiene las rocas de los batolitos Norpatagónico y Surpatagónico, además de cuerpos intrusivos menores, emplazados desde el Jurásico al Cretácico Superior, los cuales se habrían formado en las etapas tempranas del ciclo Andino.
- CGT7-Franjas Metalogénicas de Aysén: Comprende el registro geológico de las zonas mineralizadas y/o con alteración hidrotermal, asociadas a las 4 franjas metalogénicas presentes en la región (Jurásico Superior, Cretácico Inferior, Cretácico Superior y Mioceno).
- CGT9-Magmatismo Paleógeno asociado a extensión: Comprende los productos y cuerpos volcánicos y/o subvolcánicos coherentes con un periodo extensional, el cual estaría en parte relacionado con la migración del Punto Triple Aluk-Farallón durante el Paleógeno temprano.
- CGT13-Unidades batolíticas y complejos plutónicos del Cenozoico: Comprende las rocas del Batolito Norpatagónico y Surpatagónico, además de cuerpos intrusivos menores, cuyos emplazamientos están asociados a las etapas recientes del ciclo Andino. En algunos casos, los emplazamientos de estos cuerpos intrusivos pueden estar controlados por/o relacionados con el sistema de Falla Liquiñe-Ofqui.
- CGT14-Tectónica neógena asociada al Punto Triple de Chile: Contiene los registros asociados a la migración hacia el norte del Punto Triple durante el Neógeno.

4.2 SELECCIÓN DE GEOSITIOS

En base a lo descrito previamente, se generó una lista definitiva de 27 potenciales geositios que fueron seleccionados y organizados de acuerdo a la bibliografía estudiada y a los CGT's pertinentes, en donde cada sitio es representativo de algún elemento o proceso geológico característico de la geodiversidad para cada CGT utilizado en el área de estudio. De esta manera cada posible geositio organizados por CGT, los cuales se enumeran de acuerdo a lo utilizado en el programa de Geoconservación de la SEREMI de Minería de la Región de Aysén (2016), además a cada geositio le fue asignado un número (Tabla 1), y se creó un mapa de ubicación de los geositios (Figura 11). Es importante enfatizar que los 27 potenciales geositios, ya corresponden a sectores con estudios científicos previos, pues este criterio (Contenido Científico) fue el punto de partida y base al momento de realizar la revisión bibliográfica.

Entonces, posterior a la revisión bibliográfica y trabajo en terreno, se seleccionó finalmente 16 geositios para ser caracterizados. La elección de estos, se basó a partir de distintos elementos, siendo los principales criterios: representatividad, integridad, rareza y contenido científico, siendo especificado el criterio de selección para cada geositio en su respectiva ficha de descripción. Sin embargo también se consideraron otros elementos al momento de la elección,

tales como la dificultad de acceso, el nivel de deterioro y la comparación con otro sitio similar dentro de la misma área geológica. Esta selección final, permitió dejar sólo los geositos más destacados de cada categoría geológica temática, los que a su vez corresponden a los elementos de geodiversidad de mayor importancia científica en la zona de estudio

Tabla 1: Pre-selección de Geositos, clasificados de acuerdo a las Categorías Geológicas Temáticas (CGT).

Categoría Geológica Temática	Geosito
Secuencias Volcánicas del Jurásico Superior (CGT3).	1. Remanentes de Domos de Península Levican.
	2. Valle del Río Avellano.
	3. Domo Valle Lunar de Jeinimeni. *
	4. Espesor Máximo Formación Ibáñez.
	5. Gran afloramiento de Rocas Piroclásticas y Epiclasticas macizas de la Formación Ibáñez.*
	6. Contacto Formación Ibáñez - Complejo Metamorfico Andino Oriental.
	7. Brechas Caóticas Basales Formación Ibáñez.*
	8. Domo Cerro Cabeza Blanca.*
	9. Depositos de Oleadas Piroclásticas Peninsula Levican.
Complejos Volcánicos del Cretácico (CGT5)	23. Diques y Cuerpos Subvolcanicos de Puerto Guadal.*
	10. Riolitas Cerro Pico Sur.
	11. Contacto Formación Divisadero - Formación Ibáñez.
	12. Anticlinal de Rollover al Este de Puerto Ing. Ibáñez.
	13. Volcanitas Estero Lo Burgos.*
Unidades Batolíticas y Complejos Plutónicos del Mesozoico (CGT6).	14. Mugaritas de Puerto Ibáñez.*
	15. Cerro Cuadro. *
Franjas Metalogénicas de Aysen (CGT7)	16. Cerro Pirámide.
	17. Mina Cerro Bayo.*
Magmatismo Paleógeno Asociado a Extensión (CGT9)	18. Domo Cerro Bayo.*
	19. Basanita con Xenolitos Mantélicos de Cerro Lapíz.*
	20. Depósito de Oleada Piroclástica Basáltica de Chile Chico.*
	22. Diatremas Chile Chico.*
Unidades Batolíticas y Complejos Plutónicos del Cenozoico (CGT13).	24. Contacto Basaltos Inferiores Chile Chico-Fm.Ligorio Marquez.*
	25. Monzonita Cuarcifera Avilés.
	26. Contacto Complejo Plutonico Paso Las Llaves-Fm.Ibáñez.*
Tectónica Neógena Asociada al Punto Triple (CGT14).	27. Cerro Colorado o Cerro Apidame.*
	28. Basaltos Superiores Chile Chico.
	29. Basaltos Avellano.
* Geositos visitados en terreno.	

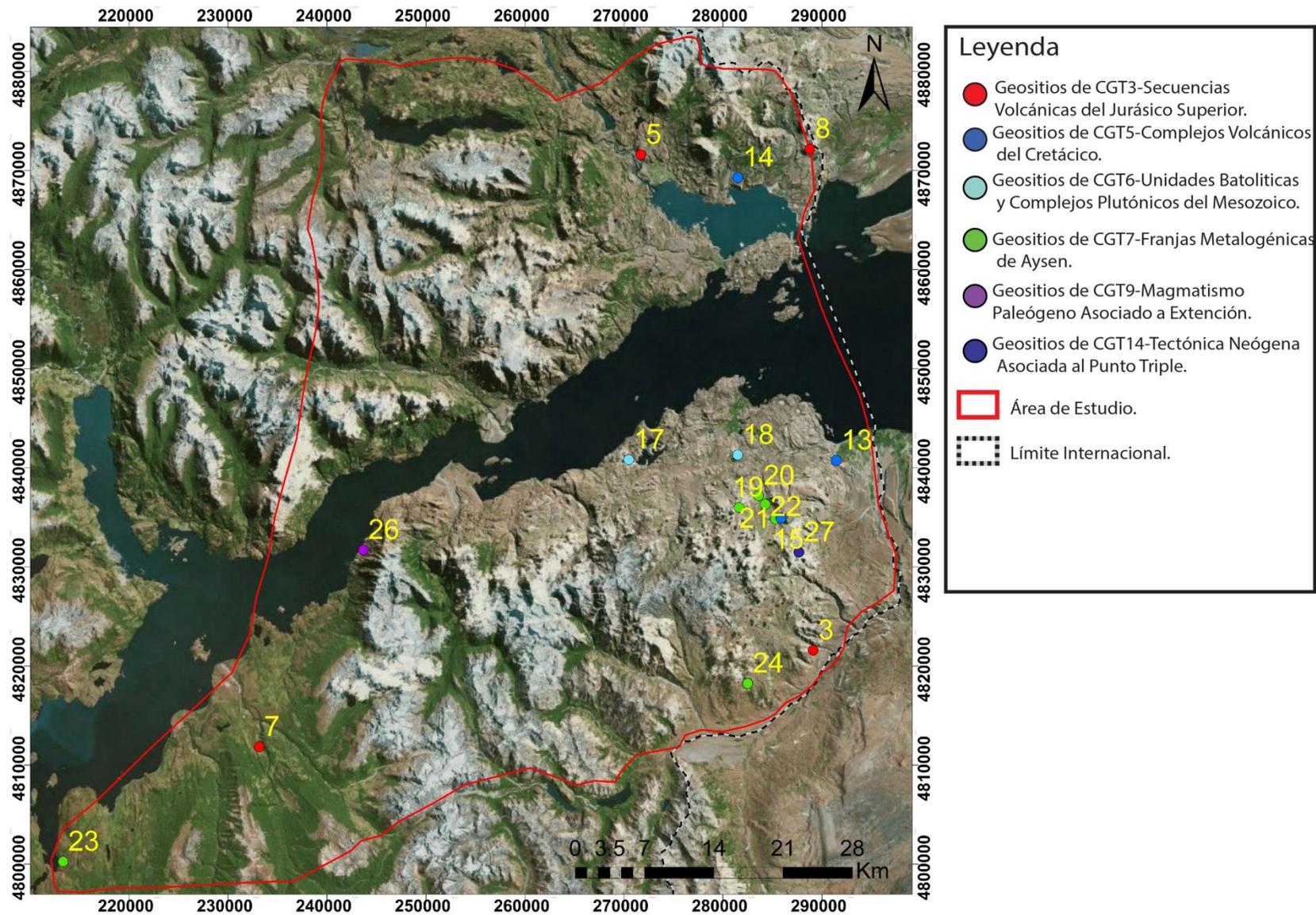


Figura 11: Mapa de distribución de Geositos en el área de estudio.

4.3 DESCRIPCIÓN DE GEOSITIOS

A partir de los datos recopilados en terreno y la información bibliográfica recopilada, se describirá cada uno de los geositios, en una ficha en la cual se especificará: Nombre y número de geositio en el mapa y tabla de geositios (Figura 11 y Tabla 1), coordenada GPS y ubicación, acceso, valor geológico principal, justificación, estado actual, descripción acabada del geositio, ilustraciones representativas y referencias bibliográficas.

4.3.1 DOMO VALLE LUNAR JEINIMENI

Domo Valle Lunar de Jeinimeni (N° 3)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
289122 E	4821585 S	963
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	A 25 kilómetros del centro de Chile Chico por la ruta X-753, se llega a un estacionamiento en donde se aprecia un cartel que indica el comienzo del circuito Piedra Clavada/Cueva de las Manos/Valle Lunar (Figura 12).	
Valor Principal: Geomorfológico/Petrológico		Valor Secundario: Escénico/Arqueológico
Justificación		
Seleccionado en base a su rareza, pues es posible transitar por lo que sería el interior de un domo volcánico riodacítico (Figura 12 y 15), debido a que el recorrido que sigue el sendero, cruza transversalmente el área identificada por De la Cruz y Suarez (2008) como un domo riodacítico.		
Estado Actual		

Sector que es constantemente visitado por turistas, el cual se encuentra dentro de los límites de la Reserva Nacional Lago Jeinimeni, administrada por CONAF. Presenta un sendero muy bien definido (Figura 12), el cual permite acceder de manera sencilla a todos los puntos de interés del geositio. Desde el estacionamiento, son 2 horas caminando para alcanzar la Piedra Clavada. Desde este punto se debe seguir el sendero por 1,5 horas, el cual incrementa su pendiente levemente hasta llegar al portezuelo (Figura 12), el cual se conecta con el valle del Arroyo Pedregoso. Desde este punto, el camino es solo bajada teniendo la primera parada en la Cueva de las Manos. Desde el sitio arqueológico, son cerca de 45 minutos hasta el mirador del Valle Lunar, y desde aquí son 30 minutos hasta el estacionamiento.

Descripción

En el área descrita, popularmente conocida como Piedra Clavada y Valle Lunar (Figura 12), se encuentra la morfología de domo descrita por De la Cruz y Suárez (2008). Los domos se generan a partir de magmas que se emplazan sobre los conductos de emisión de los volcanes, formando generalmente una cúpula, que incrementan su tamaño a medida que aumenta la presión interna de los gases. Esta morfología es de interés pues da evidencia de ciclos eruptivos de gran violencia debido a la viscosidad de los magmas (Fink y Anderson, 2000).

Los depósitos que se observan en ambos costados del sendero (Figura 16-A), están compuestos principalmente por tobas brechosas y de lapilli, ignimbritas riolíticas y riolitas, que presentan ocasionalmente diaclasamiento columnar y silicificación moderada a alta, representando la sección superior de la Formación Ibáñez (De la Cruz y Suárez, 2008). Además, la potencia de las ignimbritas sugiere que podrían ser depósitos de caldera, lugar donde es común que se generen morfologías de domo, más aún cuando son composiciones ácidas, por ende de mayor viscosidad.

Mientras se recorre el valle hacia el SO, se pueden observar las grandes paredes de ignimbritas pertenecientes a la Fm. Ibáñez (Figura 16-A), una vez en el portezuelo, se observa hacia el este como las paredes superiores presentan estratos con manteos y orientación que identifican la geometría similar a un domo (Figura 13, 14 y 15), las cuales corresponden a depósitos ignimbríticos bien estratificados, compuestos por tobas brechosas, matriz soportada con clastos de 0.5 a 4 cm y tobas de lapilli con alternancias verdosas y rojizas. Ambos depósitos generados por oleadas piroclásticas con potencias de hasta 20 m, con fragmentos riolíticos y algunos calcáreos (De la Cruz y Suárez, 2008), se observaron bombas, fiames y “ojos” de cuarzo en el Valle Lunar.

Por otra parte, este sector tiene una componente turística muy relevante para la zona, pues aledaño al “Domo Valle Lunar” se encuentra la Piedra Clavada (Figura 16-B y 16-C), ícono de la Reserva Nacional Jeinimeni, morfología que corresponde a una ignimbrita riolítica, al igual que las paredes que la rodean (Figura 16-A), sin embargo esta se caracteriza por estar fuertemente silicificada (Figura 16-D), lo que ha permitido que la tasa de erosión fuese menor en comparación a las rocas circundantes (principalmente ignimbritas riolíticas) permitiendo la morfología característica del afloramiento (Figura 16-B y 16-C). Además, en la misma zona se encuentra el monumento arqueológico Cueva de las Manos del Río Pedregoso, la cual es evidencia de grupos Tehuelches y su arte (Figura 17), uno de los más antiguos de América del Sur

(Mena, 2004). Las rocas en donde se encuentran las manos, animales y figuras, corresponden a brechas riolíticas fanerítica, fuertemente silicificada.

Ilustraciones

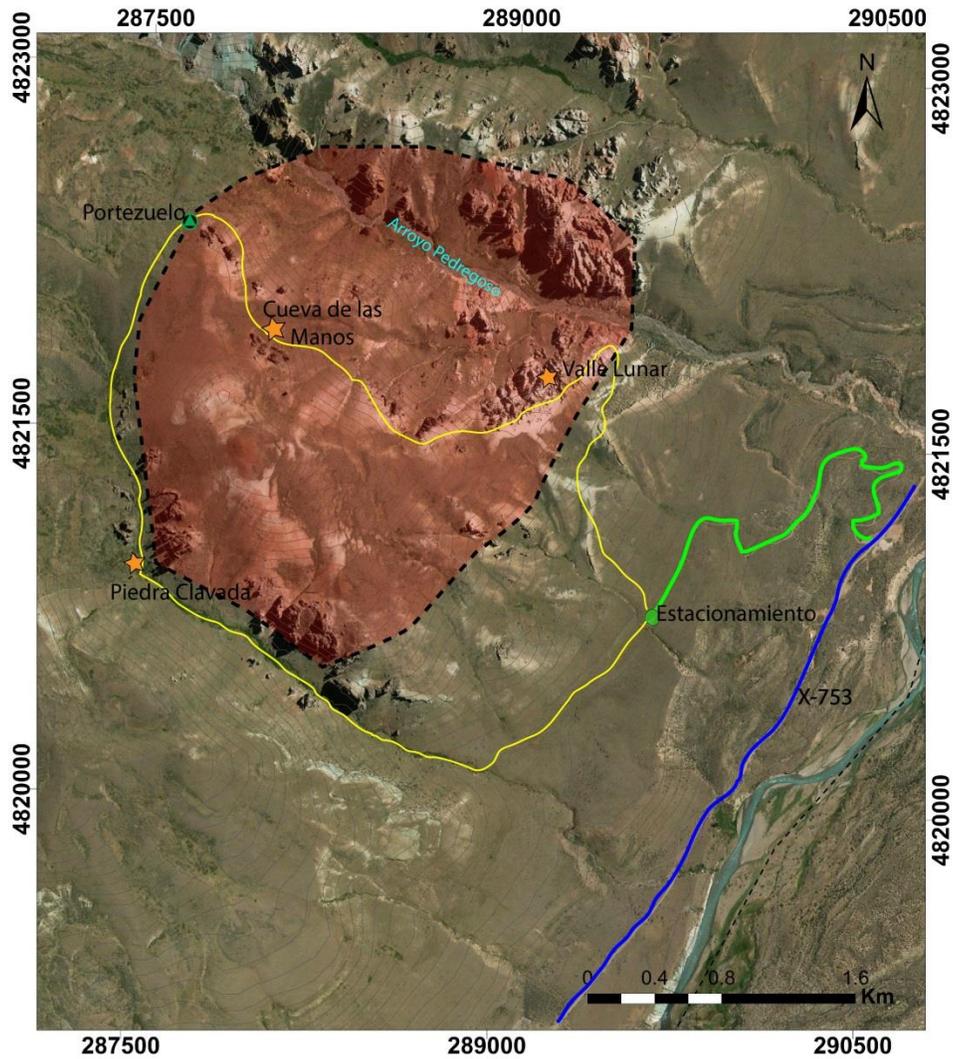


Figura 12: Mapa de ubicación Domo Valle Lunar. El área roja indica el geosítio, en azul la ruta X-753, en verde el camino de tierra para llegar al estacionamiento, y en amarillo el sendero que recorre todos los puntos de interés.



Figura 13: Vista en dirección noroeste desde el portezuelo previo al Valle Lunar, a la derecha se pueden observar como los estratos mantean hacia el SE, que corresponde al flanco sur del domo.



Figura 14: Vista en dirección sureste de los estratos del flanco sur, desde el Valle Lunar.

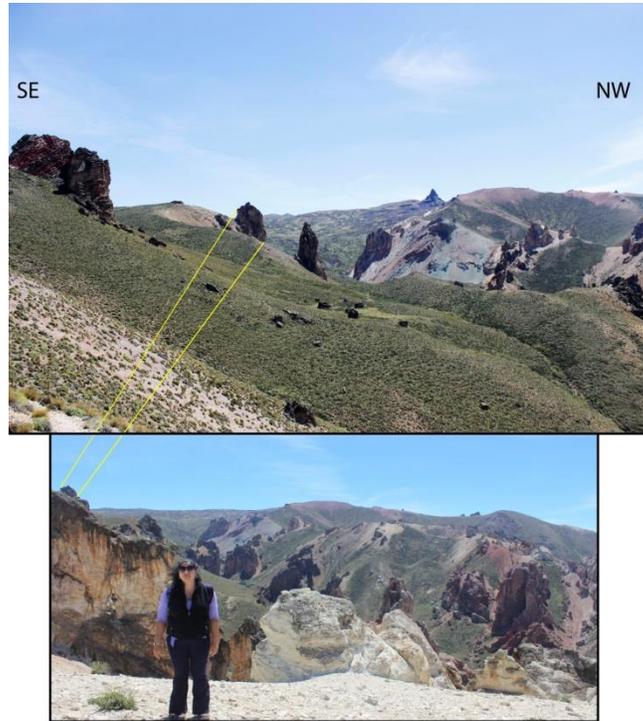


Figura 15: Vista desde el flanco este, donde se puede observar la parte del interior del domo el cual se encuentra cortado y erosionado por el Arroyo Pedregoso y lluvias propias de la Región. En la foto superior en la esquina izquierda se observa los estratos manteniendo hacia el este. A modo de dar una perspectiva, las líneas amarillas conectan dos vistas del mismo afloramiento



Figura 16: Piedra Clavada con vista desde el este (A, B y C) entrando al circuito Piedra Clavada en la Reserva Nacional Jeinimeni. En C se observa la silicificación en el afloramiento.

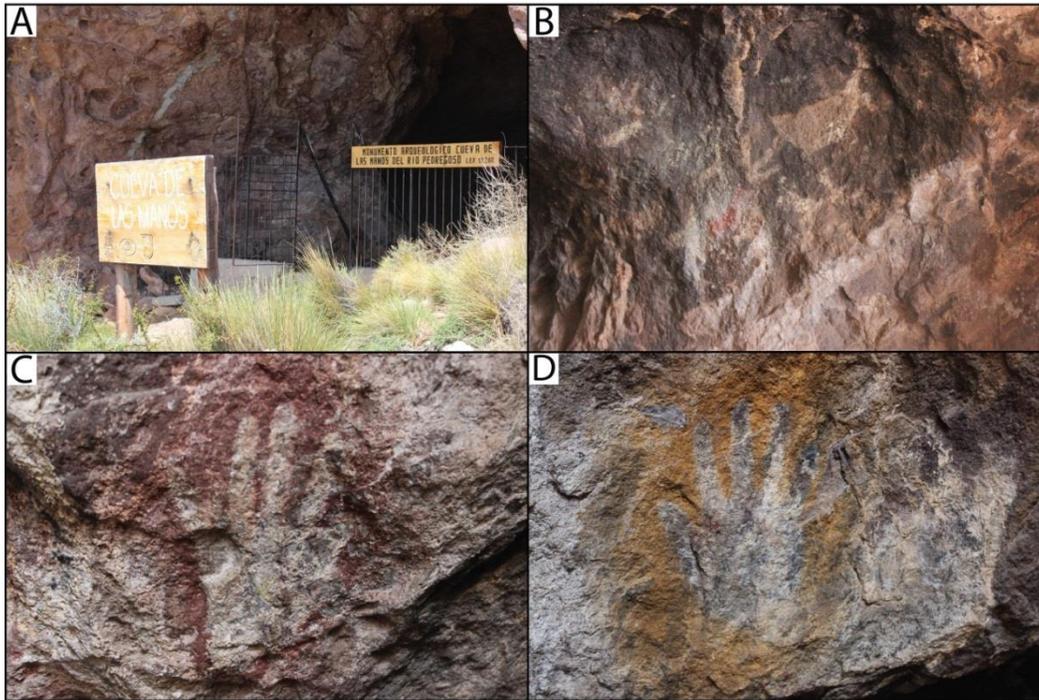


Figura 17: En la figura A se observa la entrada a la Cueva de las Manos, ubicada en el interior del domo. En las figuras B, C y D se observan pinturas rupestres.

Referencias Bibliográficas

- De la Cruz, R.; Suárez, M. (2008). Geología del área Chile Chico - Río de las Nieves, región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 112, 1 mapa escala 1:100.000(112).
- Mena, F., Lucero, V., Civalero, M., Fernández, P., y Guráieb, G. (2004). En torno a las últimas poblaciones indígenas de la cordillera centro-patagónica: estudio comparado de tres valles en Aisén oriental (Chile). *Contra viento y marea. Arqueología de Patagonia*, 643-657.
- Suárez, M; De la Cruz, R.; Demant, A.; Bell, M. 2008b. Edades U-Pb Shrimp en volcanitas del área Chile Chico, Aysen: Proyecto Fondecyt N° 1030162. Informe (Inédito), Servicio Nacional de Geología y Minería: 11 p.

4.3.2 GRAN AFLORAMIENTO DE ROCAS PIROCLÁSTICAS Y EPICLÁSTICAS MACIZAS DE LA FORMACIÓN IBÁÑEZ.

Gran Afloramiento de Rocas Piroclásticas y Epiclásticas macizas de la Formación Ibáñez (N° 5)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
271708 E	4871595 S	214
Comuna	Río Ibáñez	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	Este afloramiento está situado a 3 kilómetros de Puerto Ing. Ibáñez en dirección a los Salto del Río Ibáñez, por la ruta X-723 (ruta de acceso a la Península de Levicán desde Puerto Ibáñez). La Gran Pared esta al costado del camino (Figura 18).	
Valor Principal: Petrológico		Valor Secundario: Geomorfológico
Justificación		
Este sitio fue seleccionado debido a su representatividad de las asociaciones de facies de mayor extensión y distribución de la Formación Ibáñez.		
Estado Actual		
Actualmente no tiene ningún uso, encontrándose en el interior de terrenos privados. No presenta ningún tipo de medidas de preservación.		

Descripción

La litología corresponde principalmente a depósitos de flujos piroclásticos dacíticos, riódacíticos y riolíticos calcoalcalinos, asociados a rocas epiclásticas, pertenecientes a la Formación Ibáñez (Figura 19; Quiroz, 2000; Bruce, 2001). Estos depósitos corresponden a una de las asociaciones de facies de mayor extensión en la zona de Puerto Ibáñez, en donde el espesor de estos depósitos puede variar desde 5-10 m hasta potencias superiores a los 100 m (Quiroz y Bruce, 2010).

El afloramiento seleccionado, corresponde a una pared subvertical, con una altura cercana a los 190 m, y de gran envergadura lateral (Figura 19, 20 y 21). Esta pared se encuentra a 3 km al NO desde Puerto Ingeniero Ibáñez, en la costa este del Río Ibáñez, con una orientación N-S (Figura 18).

Las ignimbritas observadas en este afloramiento son masivas con una potencia de hasta 130 m. Corresponden a brechas matriz soportadas polimícticas, donde los tamaños de fragmentos y líticos varían desde cenizas a bloques. Estos depósitos se encuentran intercalados por niveles de areniscas epiclásticas y tufitas. La ignimbrita presenta concentraciones de pómez y fragmentos líticos en la zona media a superior, y fiames hacia la parte baja (Figura 20 y 21) (Bruce, 2001).

El tamaño de los fragmentos líticos (>0.5m de diámetro) y el hecho que conforman estructuras clastosoportadas, las que se relacionan con ignimbritas soldadas y no soldadas de potencias superiores a los 100m, permitió a los autores, Quiroz (2000) y Bruce (2001) inferir que estas rocas se habrían originado cercano a los centros de emisión y probablemente asociadas a calderas.

Ilustraciones

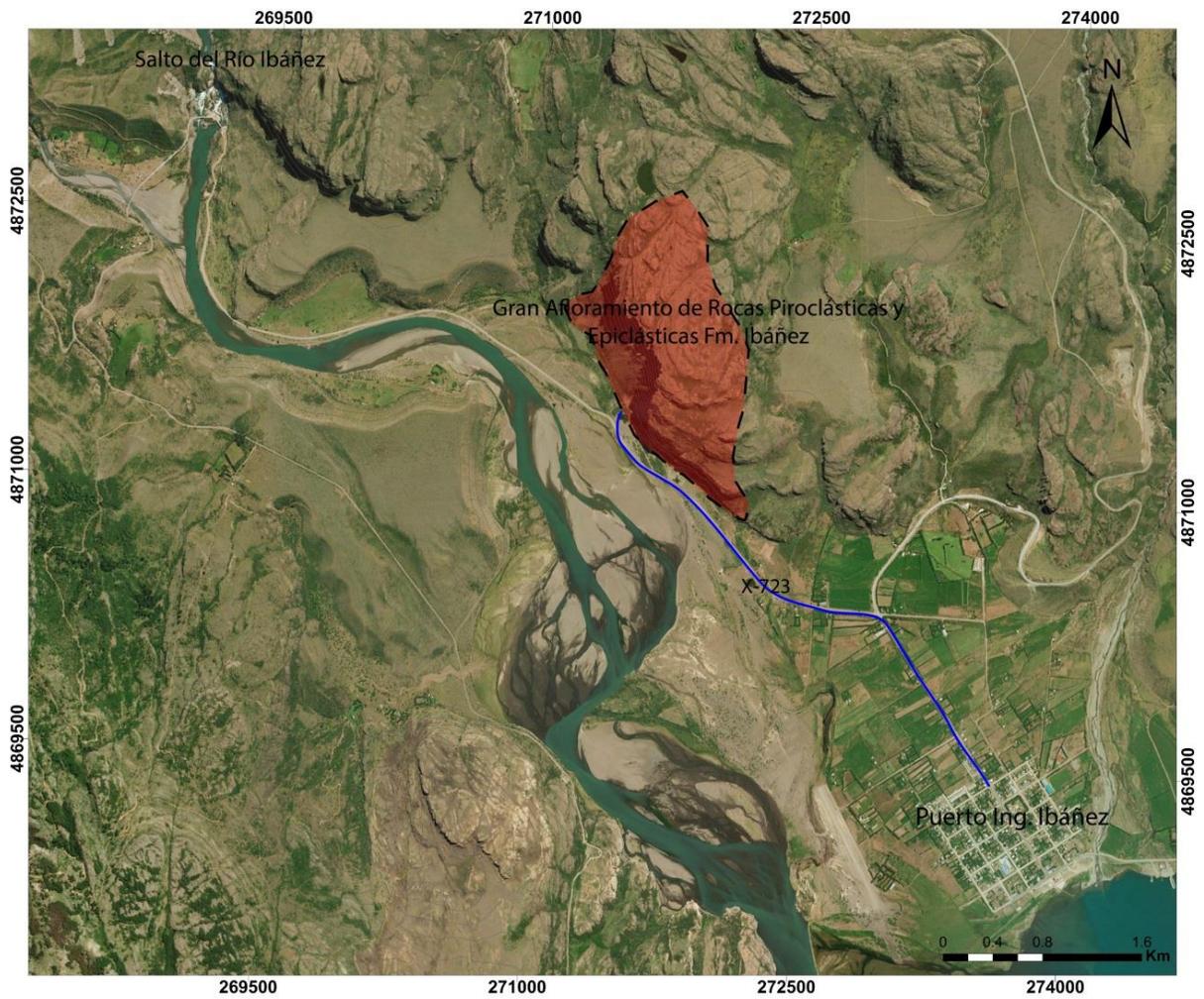


Figura 18: Mapa de ubicación geosítio. El área roja corresponde al sector estimado que abarca el geosítio. En azul la ruta X-723.

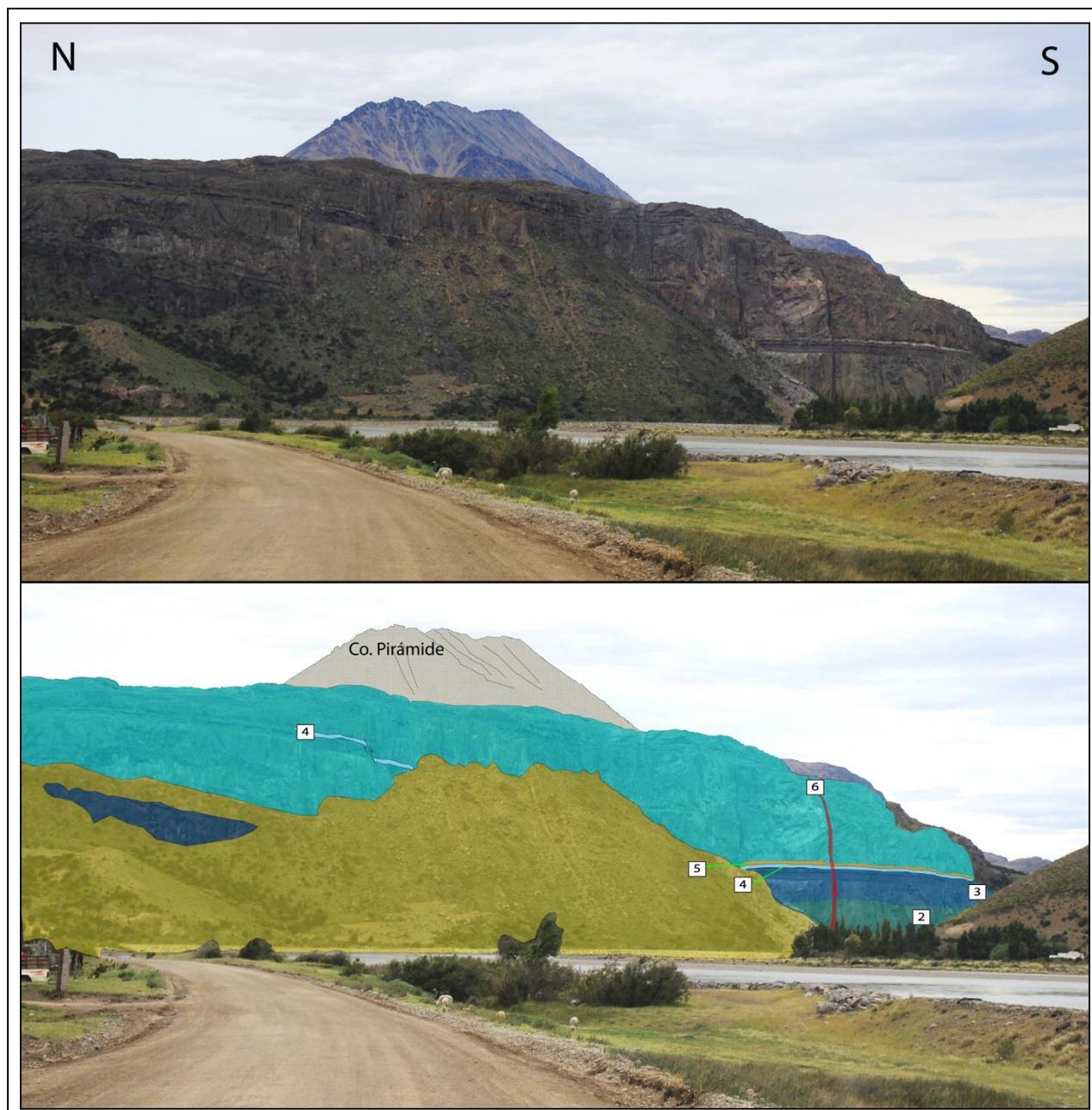


Figura 19: Vista hacia el este, desde el camino que conduce hacia la península de Levicán. Aquí se observa la columna casi completa descrita por Bruce (2001), se aprecian las unidades: 2) Ignimbrita en discordancia con miembro inferior (1), presenta líticos y pómez. 3) Tobas con pómez, líticos y cristales en las partes media y superiores. 4) Tufitas cristalinas. 5) Tobas cristalinas laminadas depositadas en ambiente subacuoso que presenta calcos de carga y suaves estructuras sedimentarias de deformación, además de flujos de turbiditas/detritos de areniscas tobáceas y tobas. En el fondo se puede apreciar el Cerro Pirámide. 6) Diques basálticos que cortan las sucesiones, utilizando las fracturas pre-existentes en la ignimbrita.

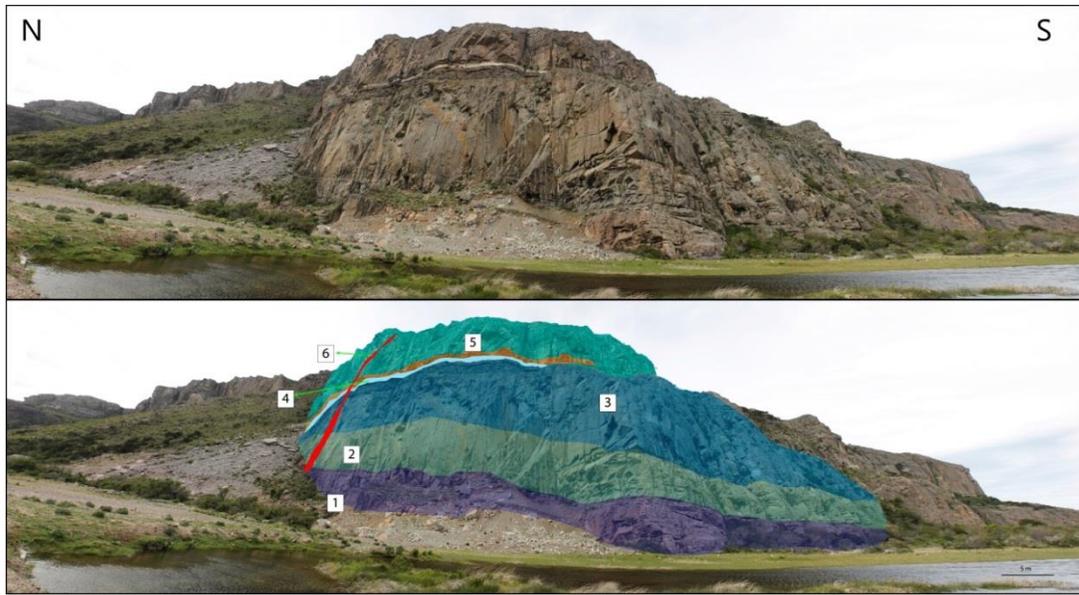


Figura 20: Afloramiento tipo de rocas piroclásticas y epiclásticas de la Formación Ibáñez. En la Figura se observan 6 unidades: 1) Limonitas con laminación fina a areniscas gruesas, en la parte superior hay tobas masivas laminadas y areniscas tobáceas con pobre traza fósil. 2) Ignimbrita en discordancia erosiva con miembro inferior (1), presenta líticos y pómez. 3) Tobas con pómez, líticos y cristales en las partes media y superiores. 4) Tufitas cristalinas 5) Tobas cristalinas laminadas depositadas en ambiente subacuoso. 6) Diques basálticos que cortan las sucesiones, utilizando las fracturas pre-existentes en la ignimbrita.

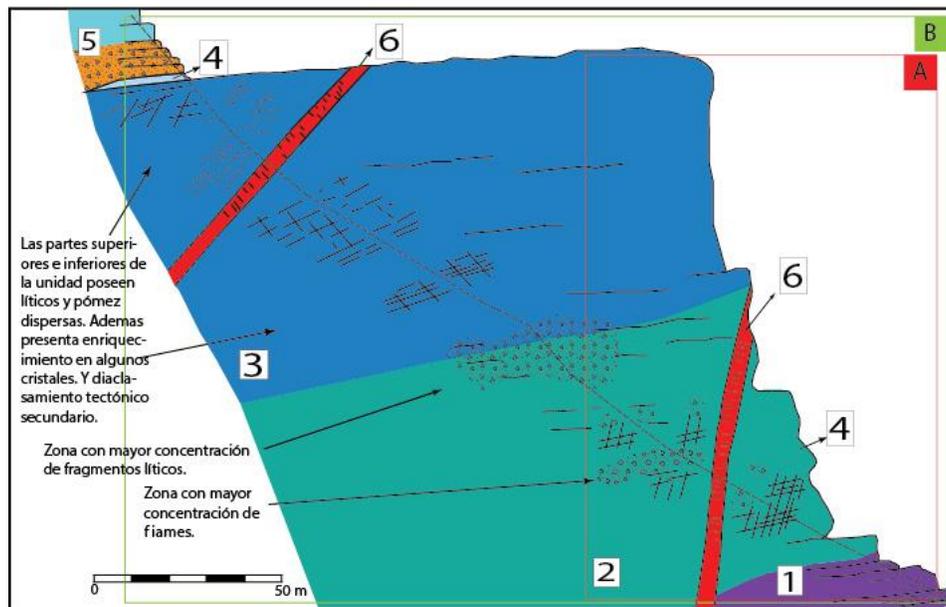


Figura 21: Columna estratigráfica afloramiento tipo rocas piroclásticas y epiclásticas Formación Ibáñez, en el sector Saltos del Río Ibáñez. 1) Limonitas con laminación fina a areniscas gruesas, en la parte superior hay tobas masivas laminadas y areniscas tobáceas con pobre traza fósil. 2) Ignimbrita en discordancia erosiva con miembro inferior (1), presenta líticos y pómez. 3) Tobas con pómez, líticos y cristales en las partes medias y superiores. 4) Tufitas cristalinas 5) Tobas cristalinas laminadas depositadas en ambiente subacuoso. 6) Diques basálticos que cortan las sucesiones, utilizando las fracturas pre-existentes en la ignimbrita (Modificado de Bruce, 2001).

Referencias Bibliográficas

- Bruce, Z. 2001. Mesozoic Geology of the Puerto Ingeniero Ibáñez Region, 46° South, Chilean Patagonia. Ph.D. Thesis (Unpublished), University of Canterbury: 374p. Nueva Zelandia.
- Quiroz, D. 2000. Geología y Geoquímica de la Formación Ibáñez y Batolito Patagónico al norte del Lago General Carrera (entre los 46°00''-46°30''S y los 72°00''-72°20''W), XI Región, Chile. Memoria de Título (Inédito), Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra: 159 p. Concepción.
- Quiroz, D.; Bruce, Z. 2010. Geología del Área Puerto Ingeniero Ibáñez - Villa Cerro Castillo, Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 124: 48 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

4.3.3 BRECHAS CAÓTICAS BASALES DE FORMACIÓN IBÁÑEZ.

Brechas Caóticas Basales Formación Ibáñez (N° 7)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
691054 E	4814713 S	561
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	Desde Puerto Guadal, se debe seguir por la ruta 265 (Figura 22), la cual continúa hasta Chile Chico bordeando el Lago General Carrera, hasta llegar al Río Los Maitenes. Antes de cruzar el río, se debe doblar a la derecha, y seguir el único camino de tierra durante 5 km para luego virar a la izquierda. En este punto se debe hablar con los dueños de la propiedad para poder ingresar al sector. El afloramiento se ubica en las partes superiores al borde de un acantilado en la ribera oeste del Río Horqueta.	
Valor Principal: Tectónico	Valor Secundario: Petrológico/Geomorfológico	
Justificación		
Este sector fue escogido debido a su rareza, pues es una de las pocas evidencias de los depósitos basales de la Formación Ibáñez, y su contacto con el Complejo Metamórfico Andino Oriental (CMAO). Esta relación es evidencia del evento de deformación que marca el comienzo del desmembramiento de Gondwana.		
Estado Actual		
Este sitio se encuentra dentro de un predio privado, por lo que no presenta ningún uso para el público.		

Descripción

En el lugar se pueden observar claramente los contactos entre el Complejo Metamórfico Andino Oriental y la base de la Formación Ibáñez en la Ribera este del Río Horqueta (Foto 23). Este contacto da cuenta de la secuencia temporal de los sucesos en la zona de estudio, permitiendo observar el techo del CMAO y la base de la Formación Ibáñez.

El lugar seleccionado corresponde a un pequeño afloramiento de 1.5 – 2 m de alto y 10 m de ancho, con zonas que están totalmente cubiertas por vegetación y depósitos cuaternarios (Figura 24).

Los depósitos corresponden a una unidad brechosa discontinua, compuesta por fragmentos de esquistos micáceos y metacuarcitas provenientes del CMAO, con diámetros de hasta 50 cm, además de ignimbritas de ceniza y lapilli, de composición riolítica y dacítica (Foto 25; Anexo Muestras).

Ilustraciones

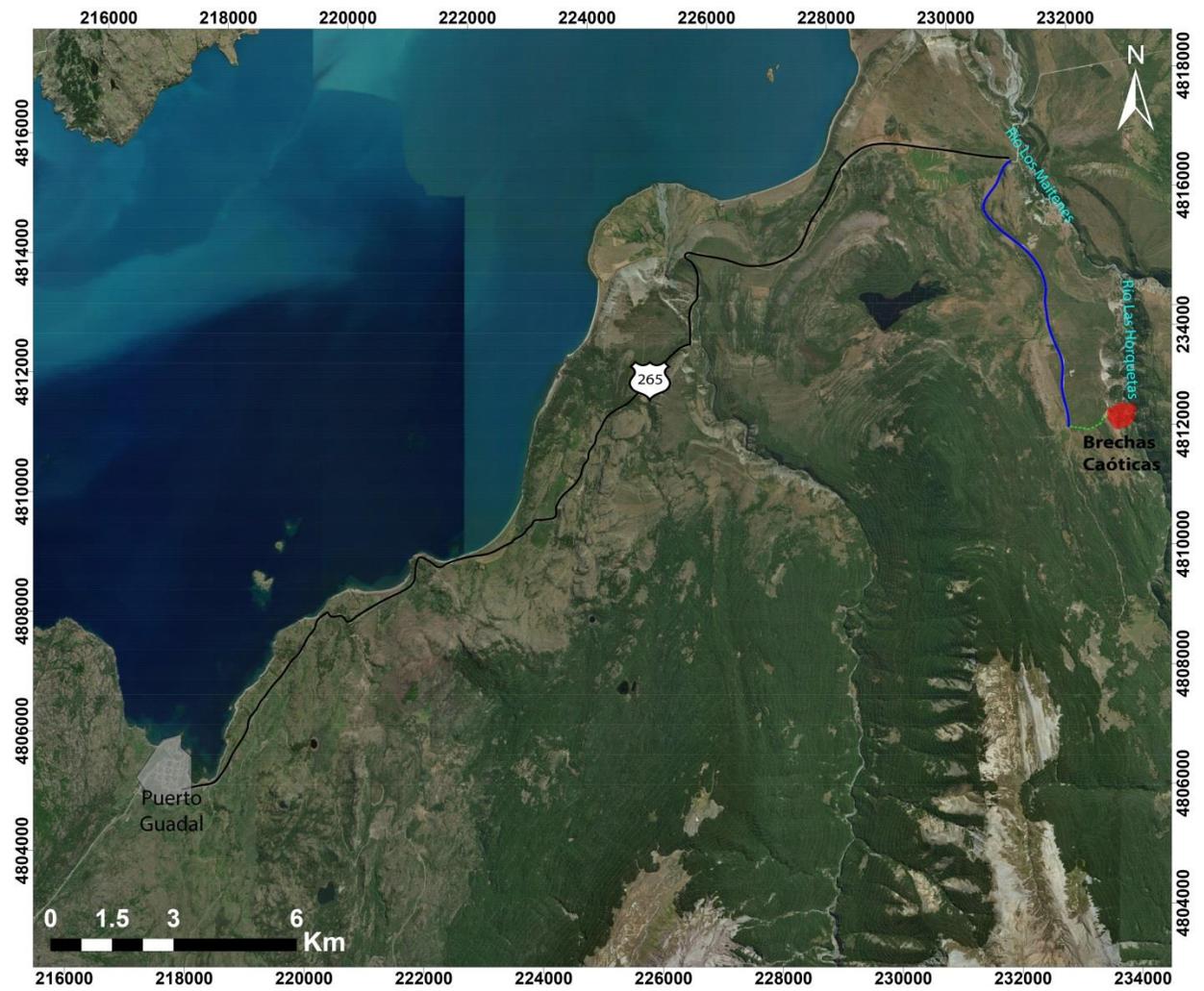


Figura 22: Mapa de ubicación, en azul camino vehicular público y en verde camino de tierra en propiedad privada. El área en rojo corresponde al geosítio. Hacia el oeste se encuentra la localidad de Puerto Guadal.

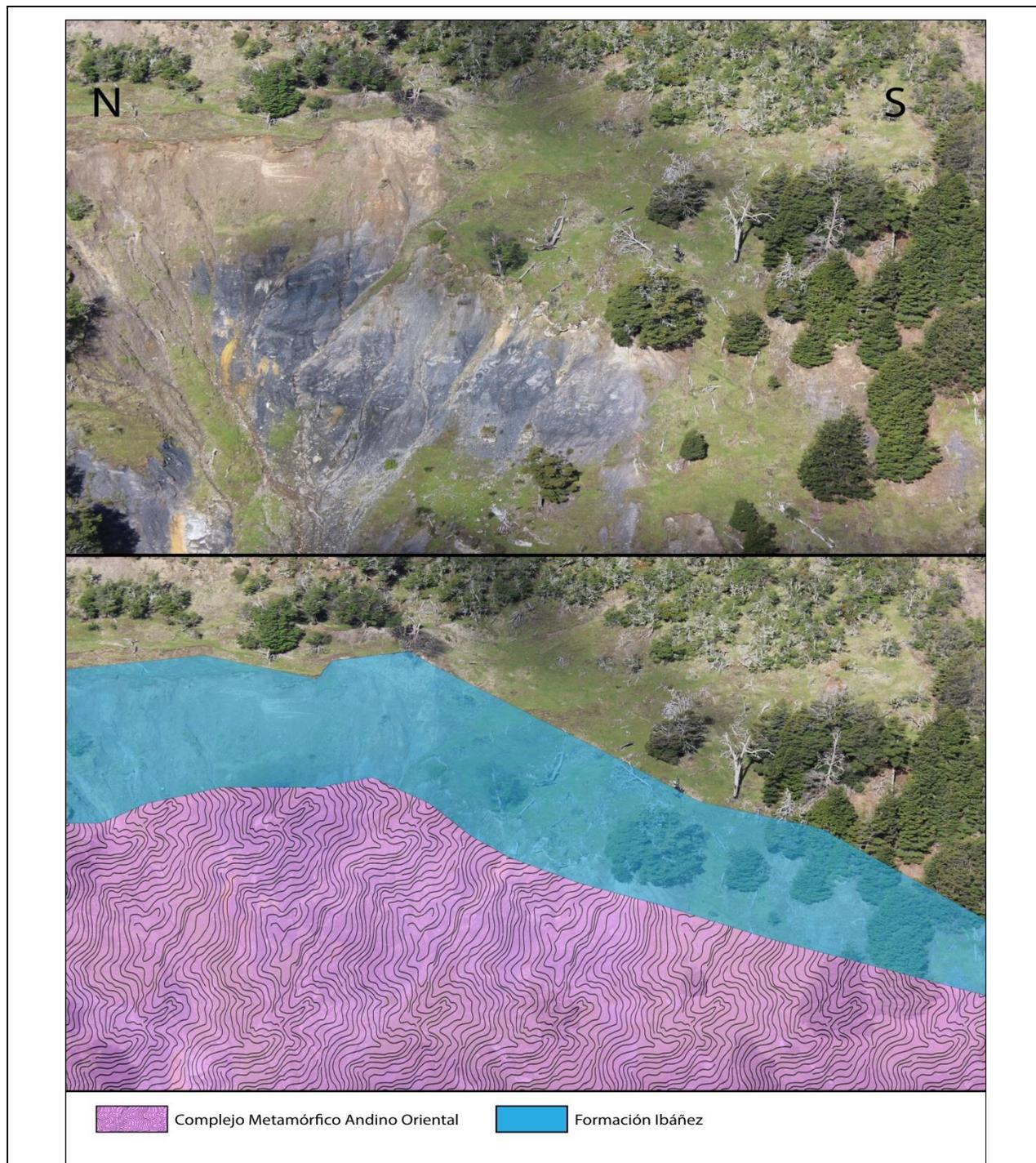


Figura 23: Foto con vista hacia el NE desde el estacionamiento, ubicado en la ribera oeste del Río Horqueta. En ella se aprecia el contacto Fm. Ibáñez y CMAO. En la imagen superior se observa de color gris azulado rocas metamórficas, principalmente esquistos micáceos y cuarzo-muscovita del CMAO (De la Cruz y Suárez, 2008). Las rocas de color café claro que se encuentran sobreyaciendo en discordancia angular al CMAO, corresponden a depósitos piroclásticos y epiclásticos de la Fm. Ibáñez. El contacto se especifica en la figura inferior, en donde el color rosado corresponde al CMAO y en celeste la Fm. Ibáñez.

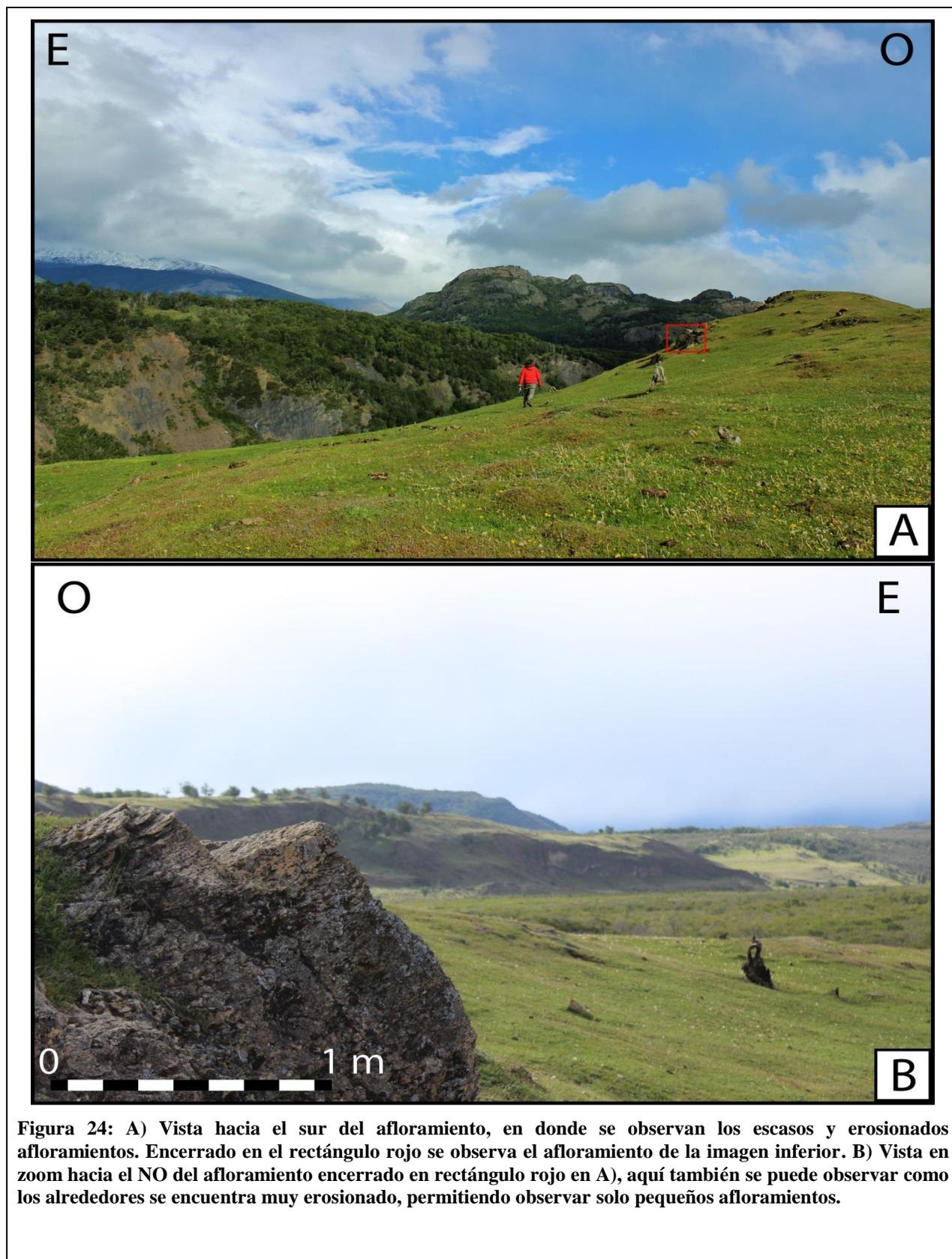


Figura 24: A) Vista hacia el sur del afloramiento, en donde se observan los escasos y erosionados afloramientos. Encerrado en el rectángulo rojo se observa el afloramiento de la imagen inferior. B) Vista en zoom hacia el NO del afloramiento encerrado en rectángulo rojo en A), aquí también se puede observar como los alrededores se encuentra muy erosionado, permitiendo observar solo pequeños afloramientos.

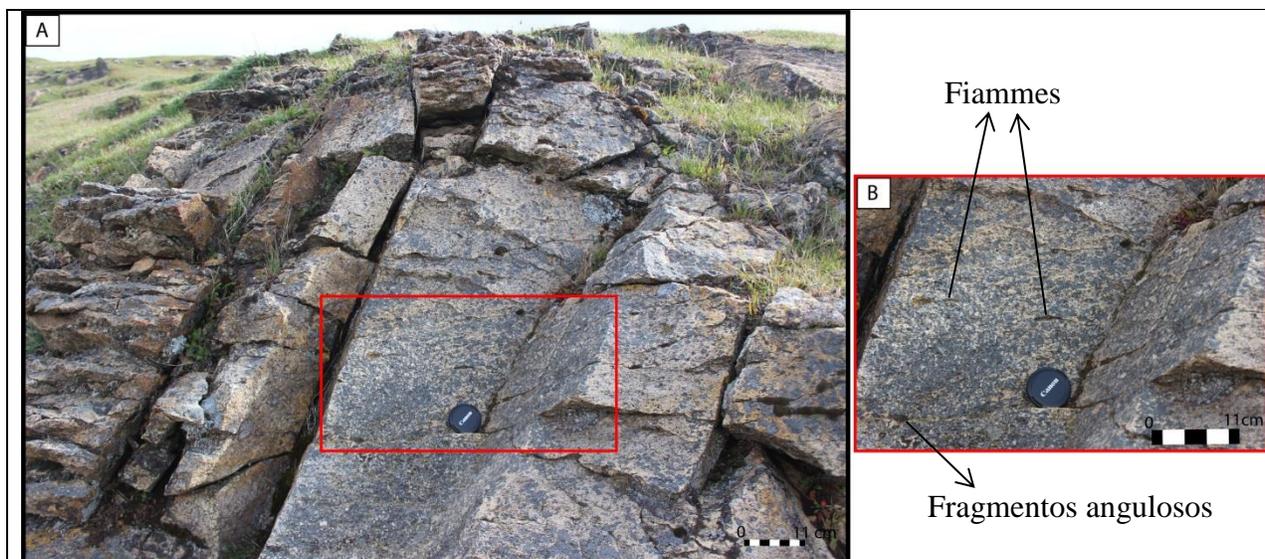


Figura 25: A) vista hacia el oeste de un afloramiento en las partes superiores del borde del acantilado, en la ribera oeste del Río Horqueta. B) fotografía detalle de brechas, corresponde al rectángulo rojo en A), se pueden observar fiammes y algunos fragmentos angulares en el afloramiento.

Referencias Bibliográficas

- De la Cruz, R; Suárez, M. 2006. Geología del área Puerto Guadal - Puerto Sánchez, Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 95, 60p., 1 mapa escala 1:100.000.

4.3.4 DOMO CERRO CABEZA BLANCA.

Domo Cerro Cabeza Blanca (N° 8)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
288782 E	4872177 S	928
Comuna	Río Ibáñez	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	Desde Puerto Ingeniero Ibáñez, hay que dirigirse mediante la ruta X-65 hacia el paso fronterizo Pallavicini (Figura 26). Por esta ruta se deben recorrer aproximadamente 18 km. Cerca de 2 km antes de llegar al lugar de interés geológico se divide una pequeña laguna hacia el norte (Laguna La Pollolla), la cual se ubica en la base del Cerro Cabeza Blanca (Figura 26). Para acceder a la cumbre se debe ingresar tres kilómetros antes de llegar al paso fronterizo, lugar en donde existe un sendero por la ladera surponiente del cerro, siguiéndolo 4,5 kilómetros hacia el norte y después 1 km hacia el sur.	
Valor Principal: Geomorfológico		Valor Secundario: Estructural
Justificación		
Selección en base a representatividad e integridad, pues la estructura con forma de domo se encuentra en perfectas condiciones, lo que permite una clara representación de esta morfología volcánica.		

Estado Actual

Actualmente no tiene uso turístico habitual, sin embargo es considerado como hito natural, ya que se encuentra en la divisora local de aguas de la Península Ibáñez- Pallavicini. Presenta un gran potencial, pues el camino está siendo mejorado, y cuenta con un sendero establecido pero poco transitado. Se encuentra en terreno fiscal, en la frontera Chile-Argentina.

Descripción

El Cerro Cabeza Blanca corresponde a un domo volcánico con un diámetro de 2 km aproximadamente. Este tipo de morfología corresponde a un montículo de roca, formado a partir de magmas viscosos, que ascendieron a través del conducto volcánico hacia la superficie. Se caracterizan por enfriarse relativamente rápido luego de que el magma es extruido a la superficie. Estos pueden generarse a partir de varios eventos de ascensos magmáticos (Figura 27 y 29), proceso que pueden durar desde horas a décadas.

Para el caso del Cerro Cabeza Blanca se observa un domo riolítico bien preservado, el cual se dispone en la zona alta de la Formación Ibáñez. En sus alrededores hay presencia de rocas interpretadas por Bruce (2001) como remanentes de oleadas piroclásticas, depósitos de bloques y cenizas, además de lavas tipo coulee desplazadas 2 km hacia el sur por una falla sinistral (Figura 26; Quiroz y Bruce, 2001). Es posible observar un dique alimentador en la base del domo, el cual se encuentra cortando tobas con una fuerte alteración (Figura 27 y 29). En la ladera oeste se pueden observar los depósitos riolíticos en inconformidad sobre brechas andesíticas y arcillas azulosas pertenecientes a la Formación Ibáñez (Figura 28).

Para esta morfología se observaron litologías compuestas por riolitas con fenocristales de feldespato, cuarzo y biotita (Anexo Muestras), con edades radiométricas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y K-Ar, ambas en biotita con valores de $150,3 \pm 1,8$ Ma y $155 \pm 2,8$ Ma. (Bruce, 2001; Quiroz y Bruce, 2010)

Ilustraciones

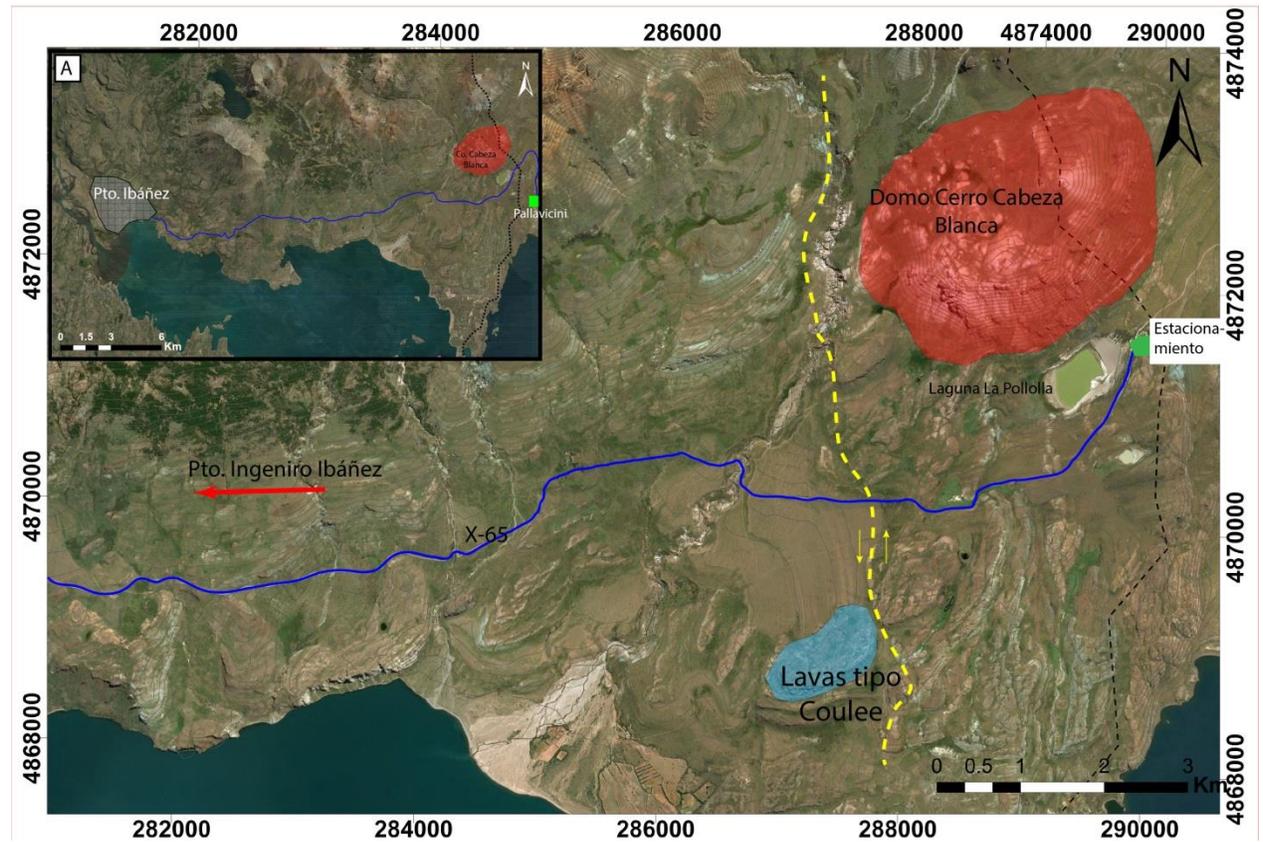


Figura 26: Mapa ubicación Domo Cerro Cabeza Blanca. En la imagen A (esquina superior izquierda) se observa la referencia de Puerto Ibáñez con respecto al Co. Cabeza Blanca. En la imagen grande, se observa el camino en azul que corresponde a la ruta X-65, la cual viene desde Pto. Ibáñez hasta el paso fronterizo Pallavicini. Además se observa el área marcada en rojo, la cual corresponde al Geosítio. Por otra parte se observa marcado en celeste las lavas tipo coulee desplazadas hacia el SO.

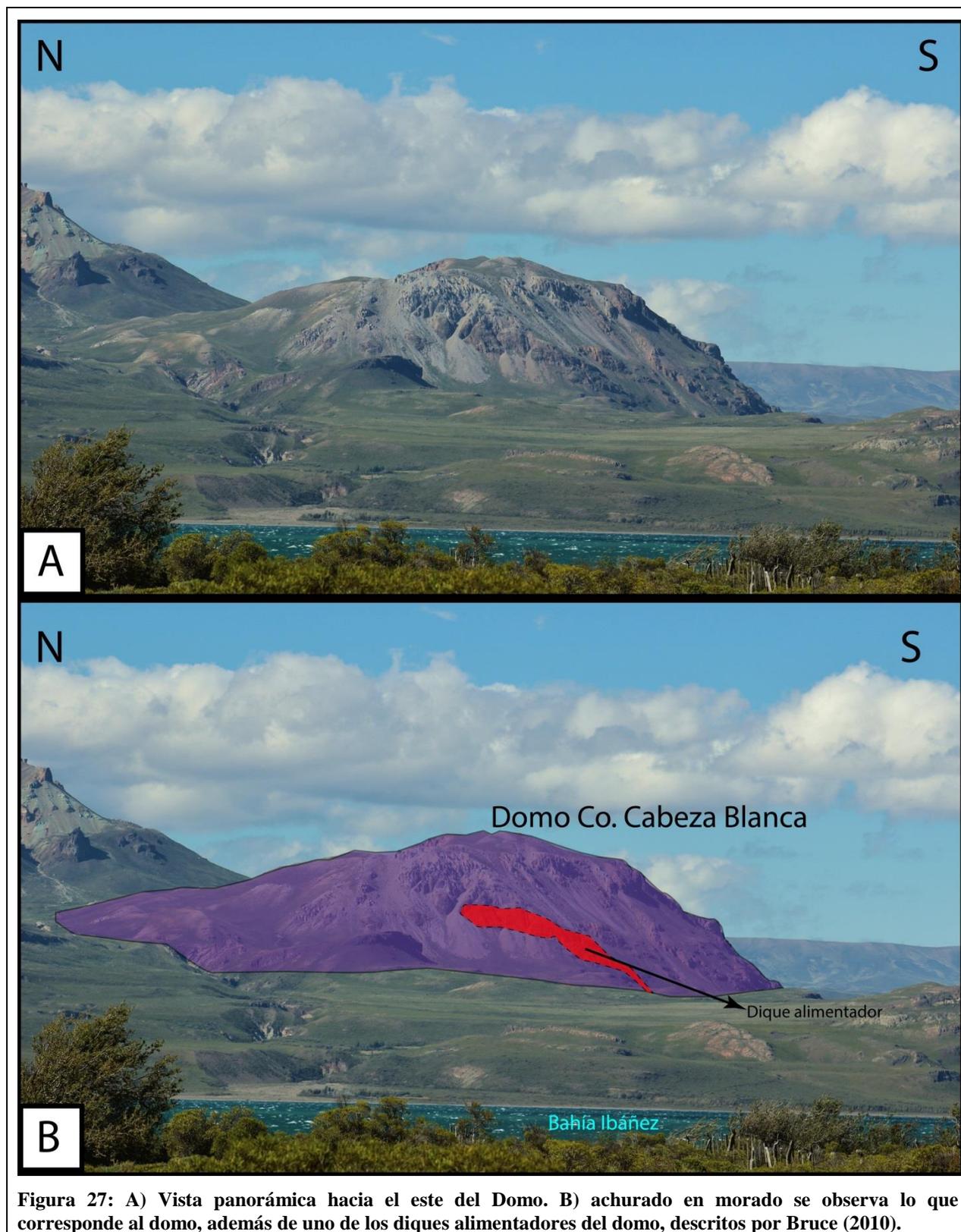


Figura 27: A) Vista panorámica hacia el este del Domo. B) achurado en morado se observa lo que corresponde al domo, además de uno de los diques alimentadores del domo, descritos por Bruce (2010).

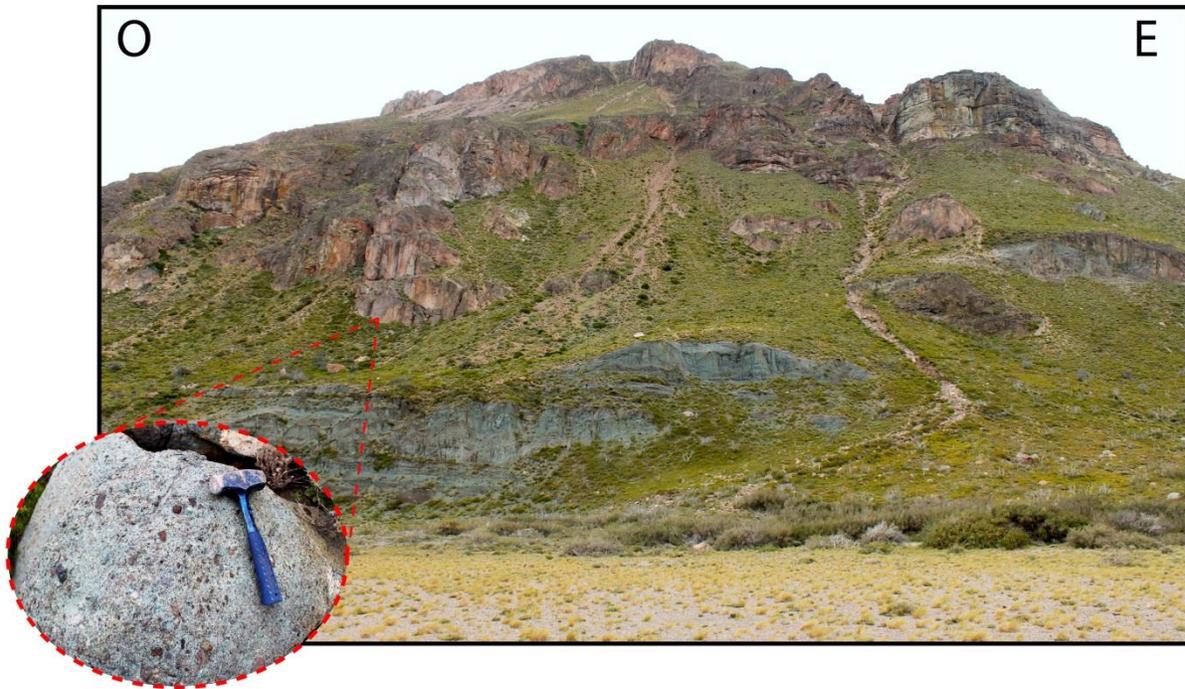


Figura 28: Vista desde la base del domo hacia el norte. En la parte inferior se observa estratos verdosos pertenecientes a la Fm. Ibáñez. A la izquierda en el círculo rojo se observa la litología que corresponde a brechas riolíticas.

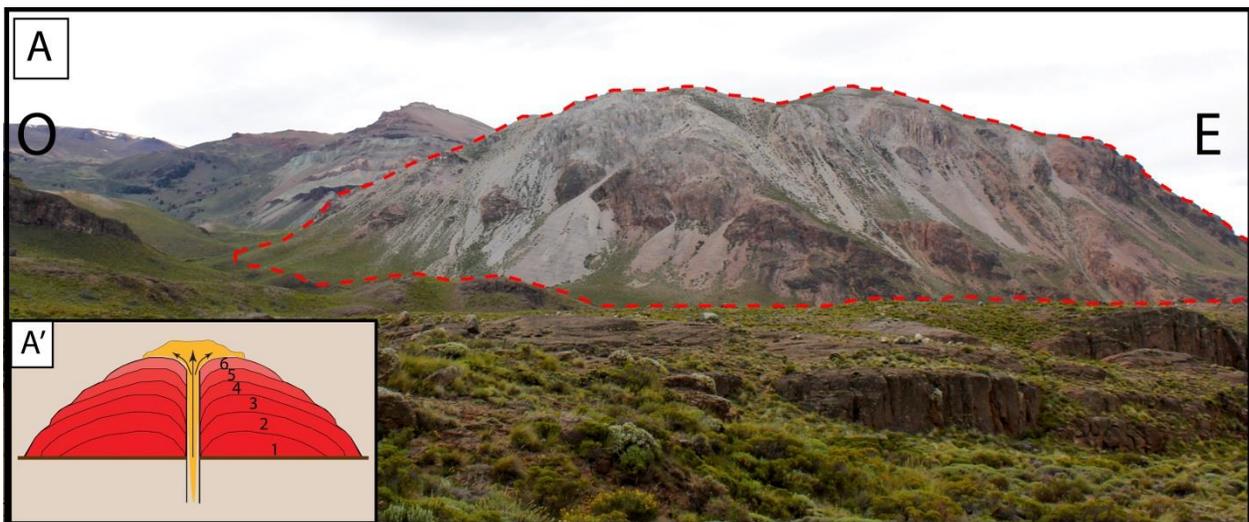


Figura 29: Vista hacia el NE desde el camino. A) Se remarca en líneas punteadas la morfología de domo. A'') Esquema de la formación de un domo, los números corresponden al orden de los eventos eruptivos ocurridos, los cuales se van acumulando y apilando.

Referencias Bibliográficas

- Bruce, Z. 2001. Mesozoic Geology of the Puerto Ingeniero Ibáñez region, 46° South, Chilean Patagonia. Ph.D. Thesis (Unpublished), University of Canterbury: 374p. Nueva Zelandia.

- Quiroz, D. 2000. Geología y Geoquímica de la Formación Ibáñez y Batolito Patagónico al norte del Lago General Carrera (entre los 46°00"-46°30"S y los 72°00"-72°20"W), XI Región, Chile. Memoria de Título (Inédito), Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra.
- Quiroz, D; Bruce, Z. 2010. Geología del Área Puerto Ingeniero Ibáñez - Villa Cerro Castillo, Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 124: 48 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago

4.3.5 VOLCANITAS ESTERO LO BURGOS

Volcanitas Estero Lo Burgos (N° 13)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
291453 E	4840749 S	246
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	<p>Para acceder a este geositio desde la localidad de Chile Chico, se debe tomar la calle O'Higgins y antes de cruzar el Estero Márquez, el cual se encuentra casi en el límite de la ciudad hacia el este, se debe doblar hacia la derecha, en la calle Belarmino Burgos. Por este camino se sigue hasta que el pavimento termina, lugar donde se puede dejar el automóvil. Desde este punto el afloramiento se encuentra a escasos metros de distancia, solo hay que seguir un pequeño, pero marcado sendero (Figura 30).</p>	
Valor Principal: Geomorfológico/ Petrológico	Valor Secundario: Escénico	
Justificación		
<p>El sitio fue escogido debido a que existen muy pocos afloramientos de esta capa (Volcanitas estero Los Burgos), es decir debido a su rareza. Además es emblemático en el paisaje de la ciudad de Chile Chico, pues esta pared adorna la entrada y salida sur de.</p>		
Estado Actual		
<p>Este afloramiento se encuentra detrás de terrenos privados, sin embargo el acceso al lugar no requiere que se transite por los predios. Este sector llamado La Cueva del Indio (Figura 31), debido al sitio arqueológico que se encuentra en límite sur del geositios, es concurrido por escaladores y turistas.</p>		

Descripción

Las Volcanitas del Estero Lo Burgos corresponden a una pared de aproximadamente 1 km de largo y 40 m de altura (Figura 30 y 32). La morfología que presenta se debe posiblemente a la erosión generada por el avance y retroceso de glaciares (se observa un intenso diaclasamiento). Además presenta, una fuerte silicificación y cloritización, debido a fluidos que circularon por la pared (Figura 33-A)

Este afloramiento se encuentra expuesto topográficamente sobre depósitos de la Formación Ibáñez y depósitos de remociones en masa. Constituido principalmente por andesita porfídica de piroxeno y anfíbol (Anexo Muestras), presentando anfíbolos y plagioclasa, argilizadas y cloritizadas (De la Cruz y Suárez, 2008). Las edades calculadas en K-Ar para esta formación van desde los 91 ± 6 Ma a los 111 ± 4 Ma. Es decir, Cretácico Inferior alto-Superior bajo.

Este geositio además de presentar una litología poco común, pues existen sólo 3 afloramientos asociados a esta unidad, 2 en el valle del Estero Los Burgos (Figura 33-B) y las Volcanitas del Estero Los Burgos. Este afloramiento además de ser parte del paisaje oeste de la ciudad, presenta interés turístico para los visitantes debido a la presencia de la Cueva del Indio (Lugar arqueológico, con presencia de pinturas rupestres tehuelches) y actividad deportiva relacionada con la escalada.

Ilustraciones

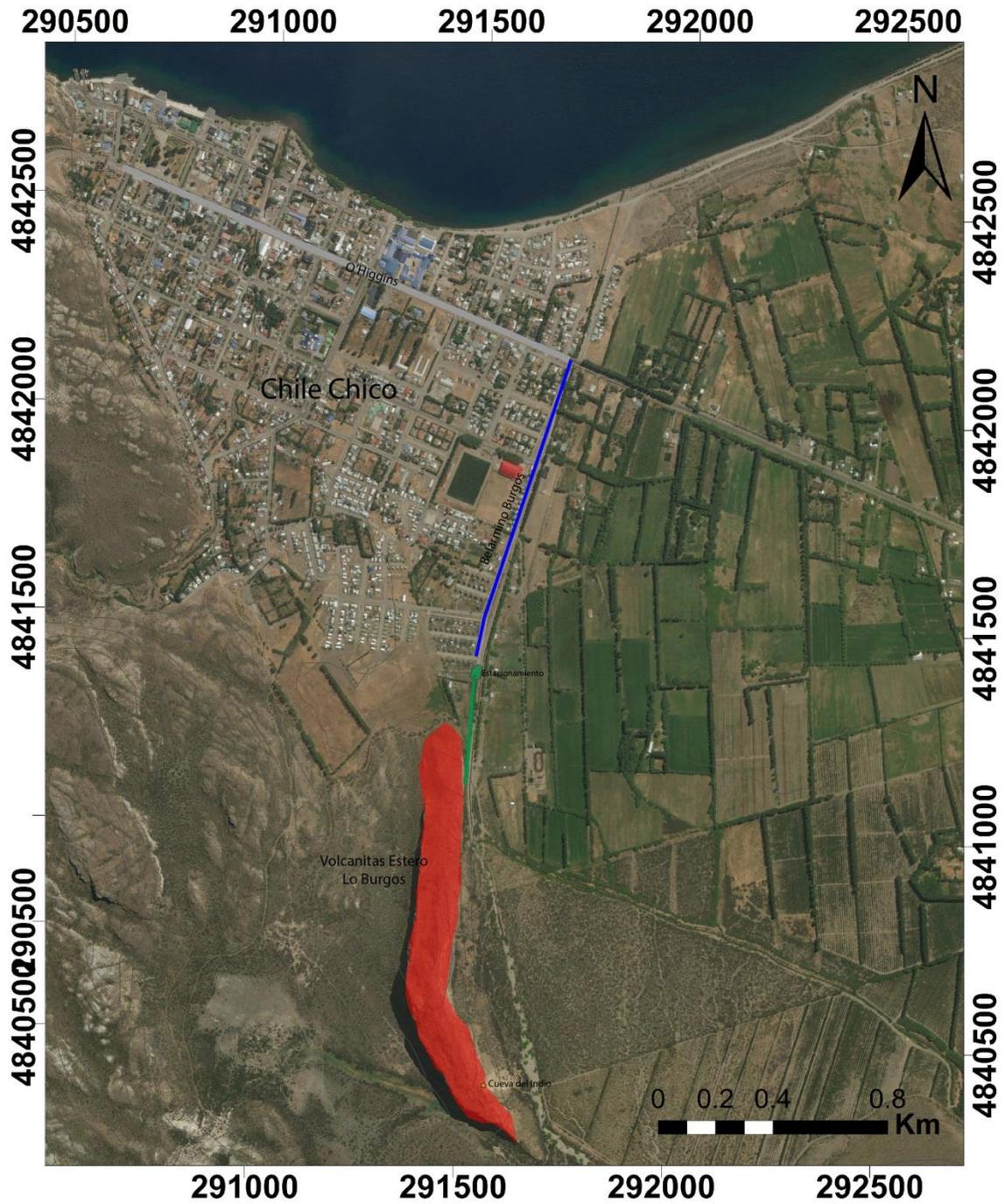


Figura 30: Mapa de ubicación geositos. Achurado en rojo corresponde a las Volcanitas Estero Lo Burgos y achurado en verde, la zona de estacionamientos. En azul la calle Belarmino Burgos y en verde el sendero que dirige al geosito.

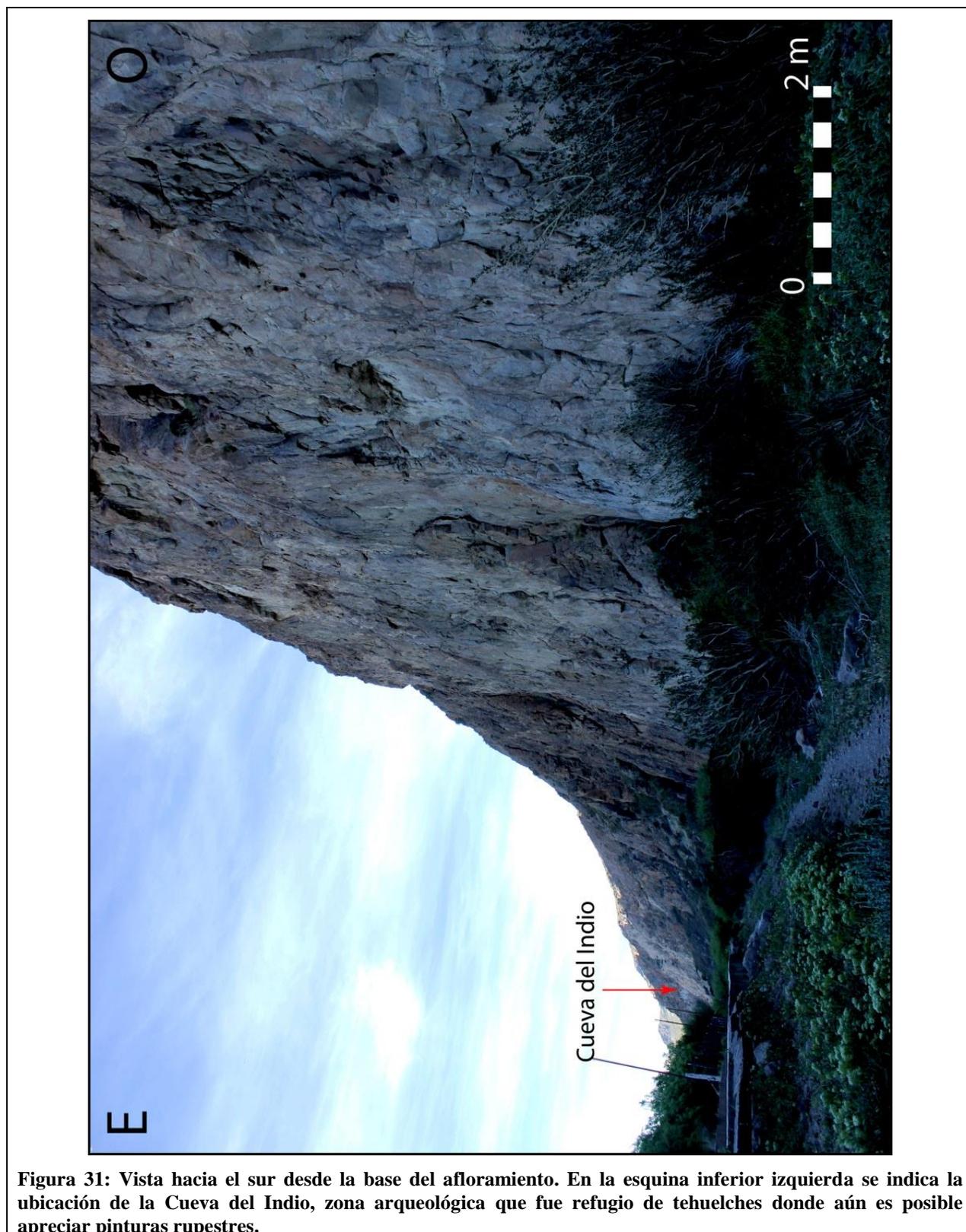


Figura 31: Vista hacia el sur desde la base del afloramiento. En la esquina inferior izquierda se indica la ubicación de la Cueva del Indio, zona arqueológica que fue refugio de tehuelches donde aún es posible apreciar pinturas rupestres.

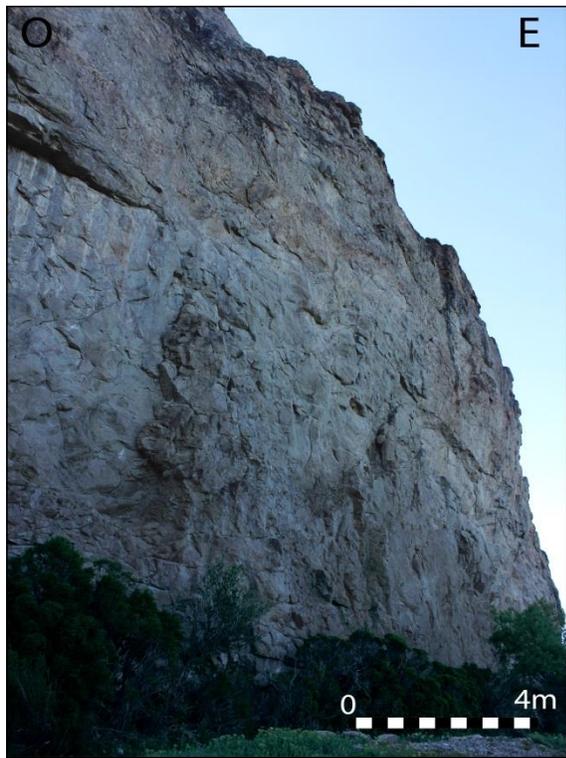


Figura 32: Vista hacia el NO, desde la base del afloramiento. En esta imagen se puede apreciar la envergadura vertical del afloramiento

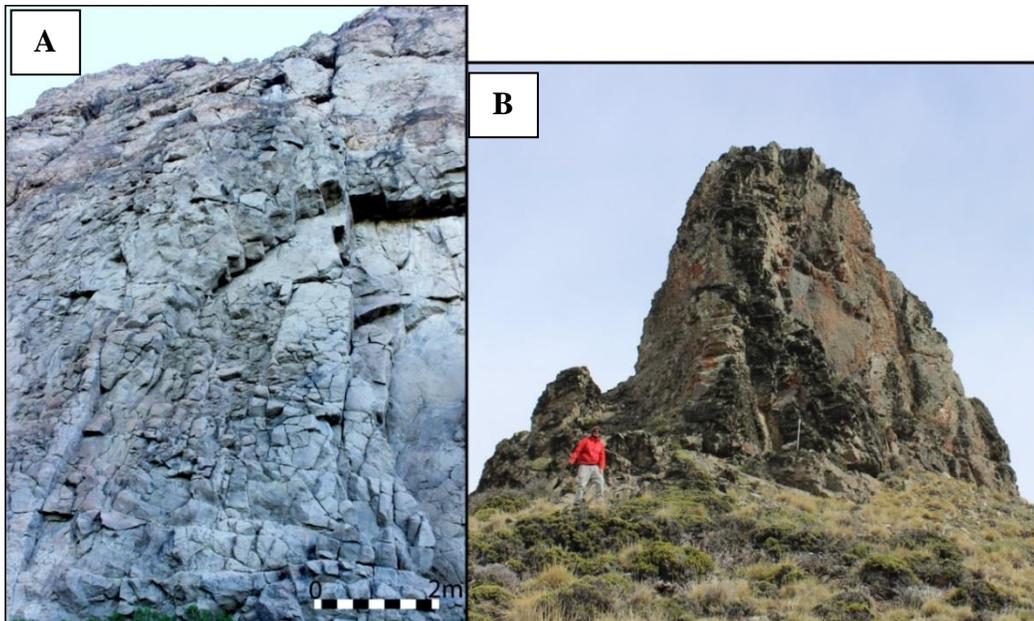


Figura 33: A) Afloramiento en la ciudad de Chile Chico (geositio), en donde es posible apreciar lo diaclasado que se encuentra la pared rocosa. B) Afloramiento en el valle del Estero Lo Burgos, el cual es uno de los 3 afloramientos que pertenecen a la unidad Volcanitas Estero Lo Burgos.

Referencias Bibliográficas

- De la Cruz, R.; Suárez, M. (2008). Geología del área Chile Chico - Río de las Nieves, región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 112, 1 mapa escala 1:100.000(112).

4.3.6 MUGEARITAS DE RÍO IBÁÑEZ

Mugaritas de Puerto Ibáñez(N° 14)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
282114 E	4869322 S	432
Comuna	Río Ibáñez	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	El acceso a este geositio se hace mediante la ruta X-65, desde la localidad de Puerto Ibáñez son alrededor de 9 km hasta el afloramiento, el cual se encuentra hacia el norte a escasos metros del camino (Figura 34).	
Valor Principal: Petrológico		Valor Secundario:
Justificación		
Este geositio fue seleccionado debido a su representatividad y rareza, pues la litología expuesta es característica y exclusiva de esta formación		
Estado Actual		
Actualmente se encuentra en terrenos fiscales, y no posee ningún uso específico. Por lo que no presenta ninguna medida de preservación.		
Descripción		
Este sitio aflora como cuerpos de menor extensión (diques, sills y stocks), los cuales se encuentran cortando a las formaciones Divisadero y Apeleg, por lo cual no se le puede asignar una extensión precisa al afloramiento, sin embargo se ha delimitado una zona donde afloran estos cuerpos (Figura 34).		

Roca con un índice de color alto, hipocristalina, inequigranular, porfídica de grano fino con estructura homogénea y fabrica isótropa (Anexo Muestras; Figura 35). Además, de acuerdo a lo observado al microscopio, las muestras presentan fenocristales de plagioclasa (35%) y feldespatos (25%), en menor proporción presenta piroxeno (10%), olivinos (5%) y anfíbol (10%), presenta posiblemente magnetita, debido a su magnetismo a muestra de mano, y opacos observados a microscopio (Anexo Muestras). La cual corresponde a una andesita basáltica, lo cual se asimila a lo obtenido por Bruce (2010), en los análisis químicos que realizó, obteniendo una composición denominada mugearitas, lo cual corresponde a un traquibasalto/traquiandesita. Estas rocas son alcalinas (alto contenido de álcalis) y básicas (52-45 % de Si). Muestra patrones relativamente constantes y más primitivos de elementos traza, además de un pequeño empobrecimiento de HFS (High Field Strength Elements, es decir elementos incompatibles pequeños y altamente cargados). Bruce (2010) señala que la composición de las muestras son consistentes con el campo de basaltos de intraplaca (Figura 36).

Estas rocas serían evidencias, debido a sus patrones geoquímicos, de basaltos de plateau de intraplaca, y asociadas a la ventana astenosférica bajo la Patagonia, y posiblemente ligadas a la presencia de una pluma mantélica bajo el slab durante el Paleoceno – Mioceno. Sin embargo estas estarían más asociadas a volúmenes menores de magmas pre-plateau, pues muestran signatures con menor contaminación, identificándolas como secuencias volcánicas diferenciadas, formadas a partir de fusión parcial astenosférica durante la subducción del ridge entre las placas Farallon-Aluk, generando una “ventana astenosférica”(Gorring y Kay, 2001).

Ilustraciones

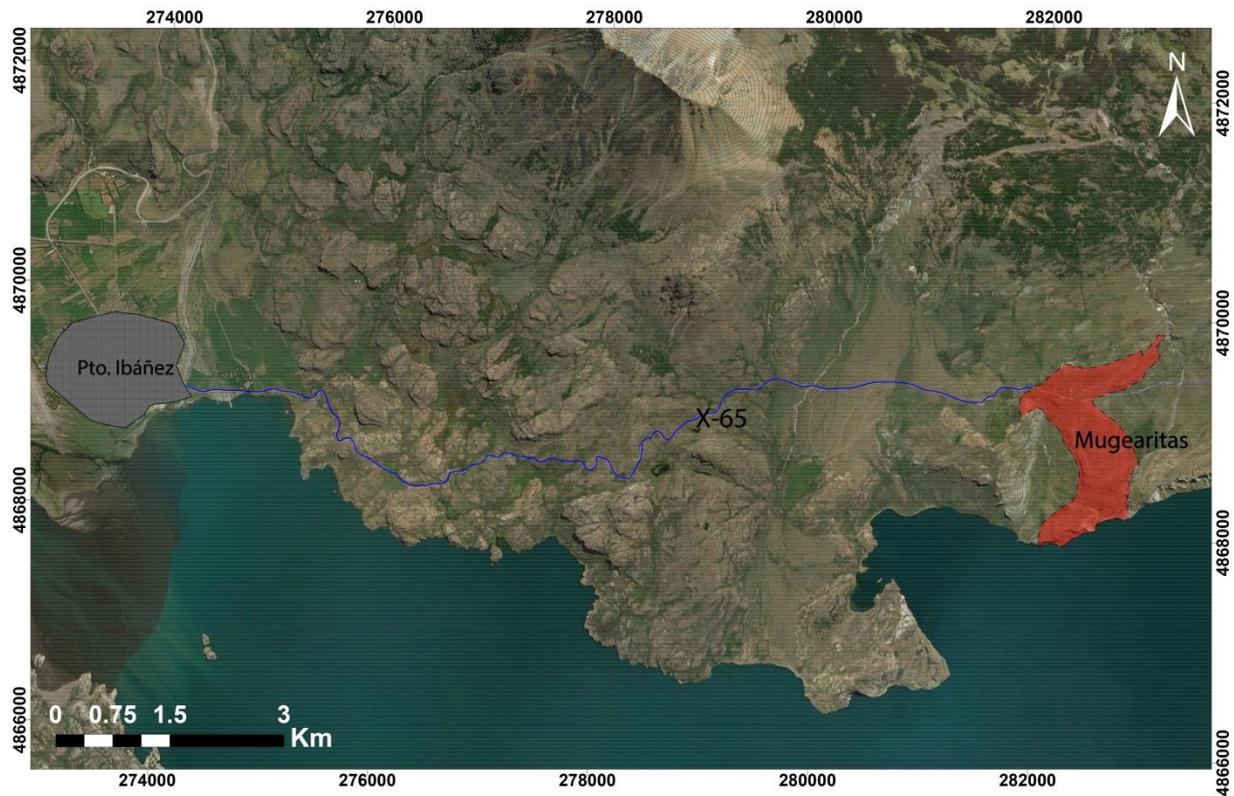


Figura 34: Mapa ubicación geosítio el cual se encuentra achurado en rojo, y corresponde al el área propuesta para el geosítio. Hay que recorrer cerca de 9 km desde Pto. Ibáñez, localidad que se encuentra al oeste del lugar de interés geológico.

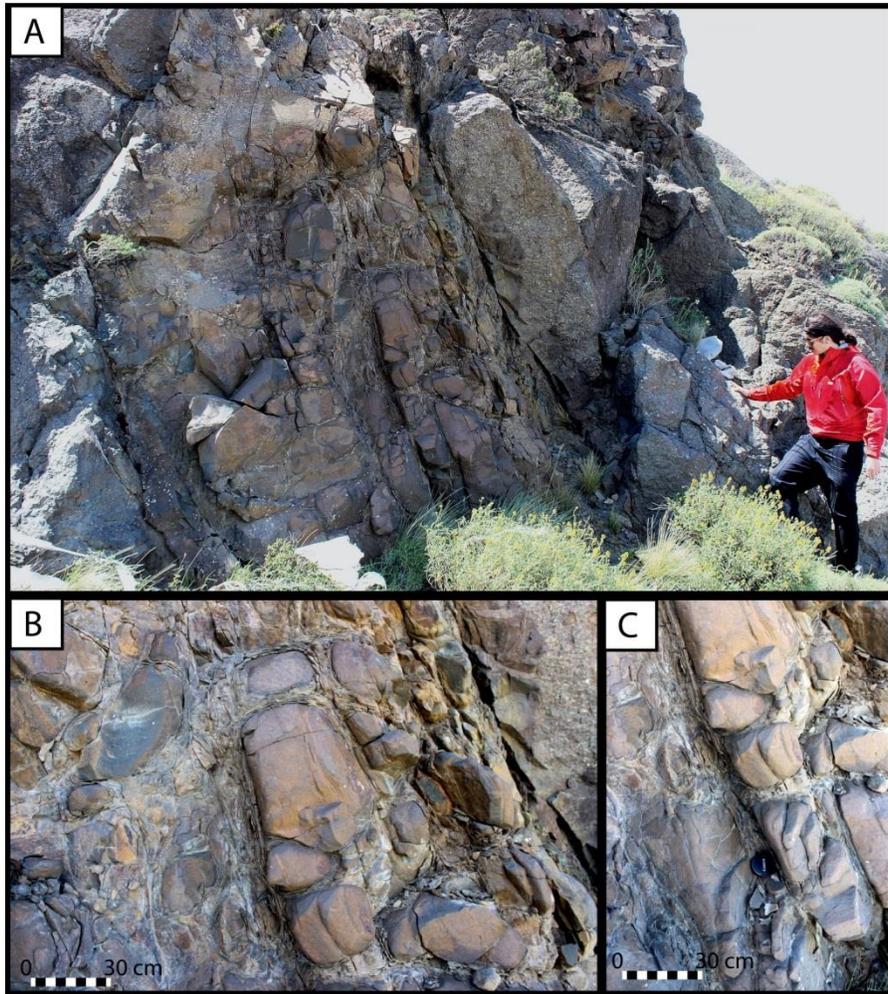


Figura 35: Vista al NE de afloramiento de mugearitas a costado de camino.

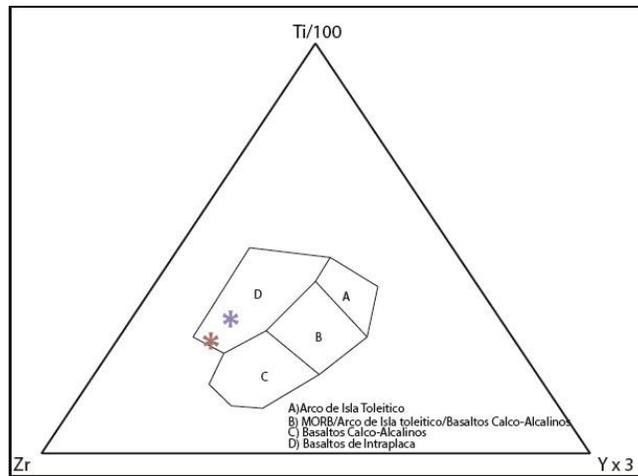


Figura 36: Mugearitas ploteadas en un diagrama de discriminación tectónica Zr-Ti-Y. (Modificado de Bruce, 2010; Pearce y Cann, 1973), los puntos rojos y azul representan las muestras.

Referencias Bibliográficas

- Bruce, Z. 2001. Mesozoic Geology of the Puerto Ingeniero Ibáñez region, 46° South, Chilean Patagonia. Ph.D. Thesis (Unpublished), University of Canterbury: 374p. Nueva Zelandia.
- Quiroz, D; Bruce, Z. 2010. Geología del Área Puerto Ingeniero Ibáñez - Villa Cerro Castillo, Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 124: 48 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

4.3.7 CERRO CUADRO

Cerro Cuadro (N°15)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
285860 E	4834913 S	1250
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	<p>Para acceder desde Chile Chico se debe seguir la ruta 265 durante 8 km hasta encontrar un “claro” a mano izquierda. Aquí se encuentra un desvío para acceder al campo de Don Carlos Sepúlveda, lugar donde se debe solicitar autorización para poder ingresar. Desde este punto se sigue un camino vehicular de tierra en buen estado (sendero azul) durante ~9 km (Figura 37).</p>	
Valor Principal: Geomorfológico/Petrológico		Valor Secundario: Escénico
<p>Justificación</p> <p>El sitio fue escogido debido a que existen muy pocos afloramientos de esta unidad (Volcanitas Estero Lo Burgos). Es decir debido a su rareza, además representa de buena manera a los cuerpos intrusivos andesíticos del Cretácico Inferior alto-Superior bajo.</p>		
<p>Estado Actual</p> <p>Actualmente el terreno que rodea a este geositio es utilizado para la ganadería. Sin embargo ha sido parte de estudios científicos (Espinoza, 2003; Espinoza y Morata, 2003; De la Cruz y Suárez, 2008) y esporádicamente es visitado por turistas. Por lo demás se encuentra muy cercano al límite con la Reserva Nacional Lago Jeinimeni.</p>		

Descripción

Cuerpo intrusivo que intruye de manera discordante a ignimbritas de Formación Ibáñez que subyacen a los basaltos de Chile Chico. Las rocas de este sitio presenta una particular forma que se asemeja a un cubo (Figura 38 y 39), con una altura de ~50 m, un ancho de ~70 m y un largo de ~130 m (Figura 39). Ubicado al noreste de la meseta de Chile Chico, en la ladera este del valle del Estero Los Burgos (Figura 38).

Su litología corresponde a una andesita de anfíbol porfírica, hipocristalina e hipidiomórfica de color gris-marrón. La hornblenda es el principal fenocristal entre 1-4 mm, euhedrales, con presencia de maclas. Conjuntamente, es posible apreciar alteración de óxidos de hierro en bordes y fracturas (Espinoza, 2003). También se observan inclusiones minerales y vidrio intersticial (Anexo Muestras).

De acuerdo a las características morfológicas de contacto y crono-estratigráficas, estos cuerpos representan estructuras, fisuras o conductos antiguos por los cuales se habría producido el magmatismo tipo “inundación” (flood basalts) que formó la meseta, y que posteriormente fueron reactivados por nuevos pulsos magmáticos en forma de diques discordantes, que dieron la forma actual de estos cuerpos (Espinoza, 2003; Espinoza et al, 2005).

Ilustraciones

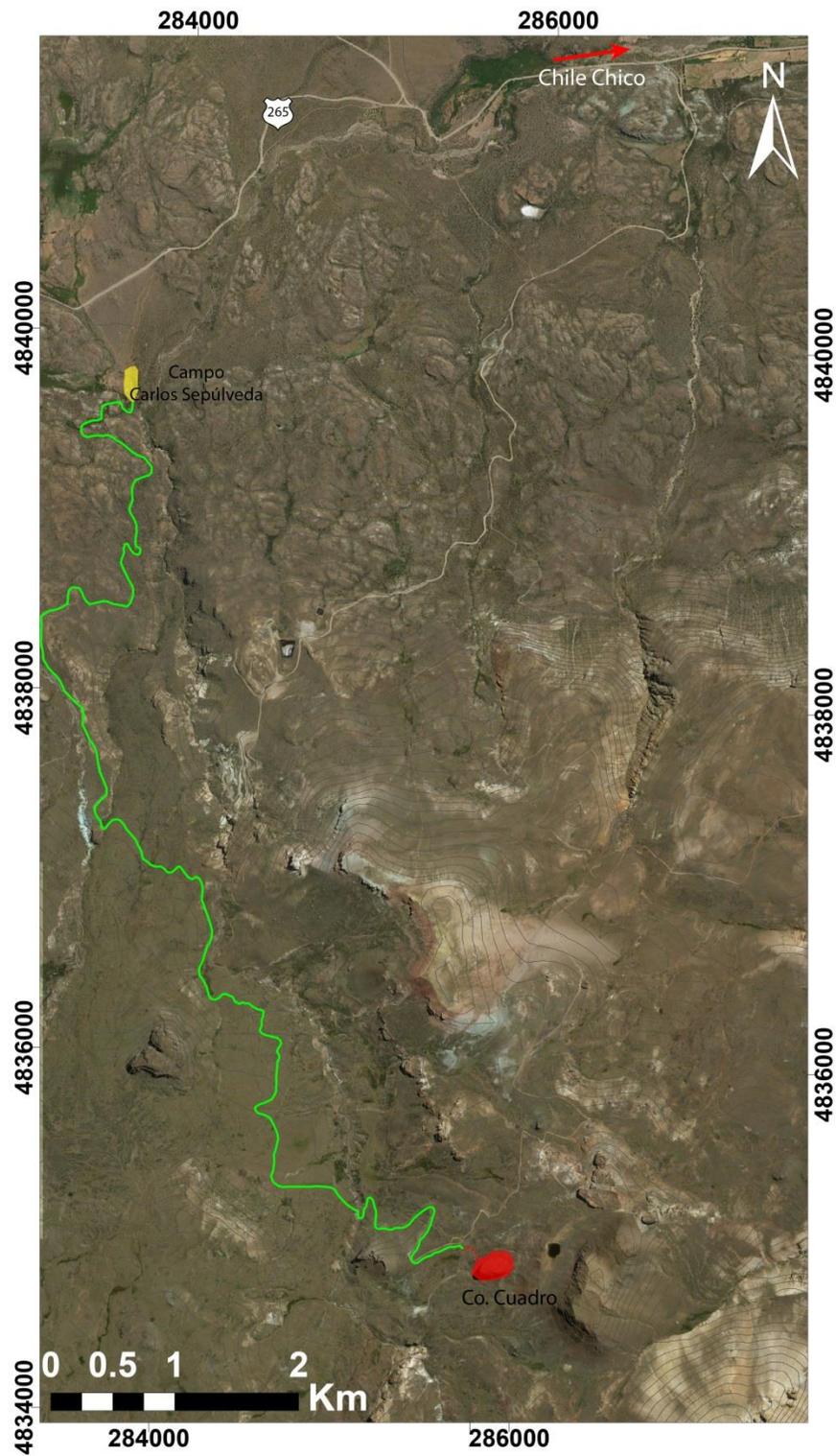


Figura 37: Mapa con camino para 4X4 (azul) para acceder a Cerro Cuadro. A 10 km hacia el este (indicado con flecha roja) se encuentra la localidad de Chile Chico.



Figura 38: Vista panorámica hacia el sur, en la cual el rectángulo rojo corresponde al afloramiento. En la esquina inferior izquierda, un acercamiento al Co. Cuadro.



Figura 39: Vista hacia el SE desde el estacionamiento del geosítio. Aquí se puede apreciar la particular forma del geosítio, además de sus dimensiones (50x70x130, alto, ancho y largo respectivamente). Se observa lo diaclasado del afloramiento, presentando un alto riesgo de caída de rocas desde las zonas superiores.

Referencias Bibliográficas

- De la Cruz, R y Suárez, M. 2008. Geología del área Puerto guadal - Puerto Sánchez, Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 95, 60p., 1 mapa escala 1:100.000.
- Espinoza, F. 2003. Petrología y Geoquímica de los Basaltos Cenozoicos de la meseta Chile Chico, 46°35''-46°47''S-71°46''-72°02''W, XI Región de Aysén, Chile. Memoria de Título y Tesis de Magister M. Sc. Universidad de Chile, Departamento de Geología.

4.3.8 MINA CERRO BAYO

Mina Cerro Bayo (N°17)		
Coordenadas (UTM)		Altura (m.s.n.m)
729710 E	48402009 S	359
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	La Mina Cerro Bayo se encuentra a 12 km al oeste de la localidad de Chile Chico, por la ruta 265 (Figura 40).	
Valor Principal: Mineralógico		Valor Secundario: Escénico
<p>Justificación</p> <p>Este sitio fue seleccionado por su relevancia científica en temas de minería, pues ha sido explorado por sus altas concentraciones de oro y plata. Por otra parte sus ideales relaciones estructurales entre la deformación y la mineralización, la hacen una buena zona de estudio para este tipo de procesos.</p>		
<p>Estado Actual</p> <p>Actualmente la mina pertenece a la compañía Mandalay Resources Corporation, empresa con base en Canadá.</p>		
<p>Descripción</p> <p>La Mina Cerro Bayo corresponde, a juicio del autor, a un yacimiento atractivo no tan sólo por su importante mineralización de oro y plata, sino también desde un punto de vista cultural y escénico (Figura 41 y 44).</p> <p>Al acercarse a las inmediaciones de la mina, lo primero que se observa es una laguna color verde</p>		

turquesa (Laguna Verde), en la cual se divisan tres península (Figura 41), las cuales están compuestas principalmente por ignimbritas macizas de la Fm. Ibáñez, con alturas de 40-50 metros de espesor, de composición riolítica, bien soldadas y con presencia de fiames (pómez aplastada), las cuales podrían representar tobas intra-calderas (Boetsch, 2014). Intruyendo esta secuencia encontramos cuerpos andesíticos de colores negro a morados y gris, de texturas afaníticas a tamaños de grano grueso, aglomerado o conglomerado, que pueden tener hasta 15 metros de espesor (Boetsch, 2014).

La mina fue identificada como una epitermal de oro y plata, por la Freeport Chilean Exploration Company (FCEC) en 1984, comenzando su explotación el año 1995 hasta el 2008. Las faenas fueron cerradas y se siguió explorando la zona, descubriéndose las vetas Delia, Dagny y Fabiola (Reservas por las cuales Mandalay Resources compró el 100% de la Compañía Minera Cerro Bayo), las cuales son explotadas hasta presente (Figura 42)(<http://www.mandalayresources.com>).

Las vetas argento-auríferas (vetas que contienen Au-Ag), se presentan como un enrejado de vetas hospedadas en rocas volcánicas de la Fm. Ibáñez, las cuales constituyen un depósito epitermal de baja a intermedia sulfuración del Cretácico Inferior.

En la zona hay presencia de dos sistemas de fallas, el primero con orientación NE-SO y del tipo normal, con caída de bloque al NO, y corta las actuales vetas mineralizadas. El segundo sistema de fallas, con orientación N-S a NNE-SSO, es el responsable del emplazamiento de diques y domos anteriores a la mineralización en el sector, y controla el emplazamiento de vetas y brechas hidrotermales con mineralización de oro y plata. Además se reconoce un sistema de fallas E-O, el cual controla el emplazamiento de diques posteriores a la mineralización (De la Cruz y Suárez, 2008; Boetsch, 2014) (Figura 43).

Las vetas presentes en la Mina Cerro Bayo tienen espesores que varían de 0.5 a 5 m, continuas en el rumbo y alcanzan profundidades de 300 a 2200 m (Coeur, 2007), también hay presencia de enrejados de vetas de cuarzo con sulfuros, con espesores milimétricos hasta los 30 cm. El principal mineral de alteración observado en el sector corresponde a la adularia (variedad de ortoclasa de menor temperatura). Estas vetas son formadas durante múltiples eventos de mineralización producidos por fluidos rellenando fracturas, fallas, además de brechización típica de depósitos de vetas de baja sulfuración.

Por último, hay que destacar que a partir de datos geométricos y cinemáticos hechos por Boetsch (2014), se estimó que la orientación de apertura principal (esfuerzo mínimo principal), es horizontal al momento de ocurrir el emplazamiento de las vetas sincrónicas y posteriores a la mineralización, y que el esfuerzo máximo es vertical, coherente con un sistema de fallas normales al momento de la mineralización, asociándolo a un régimen local extensivo durante la precipitación de vetas mineralizadas, consistente con el régimen continental (Figura 7).

Ilustraciones

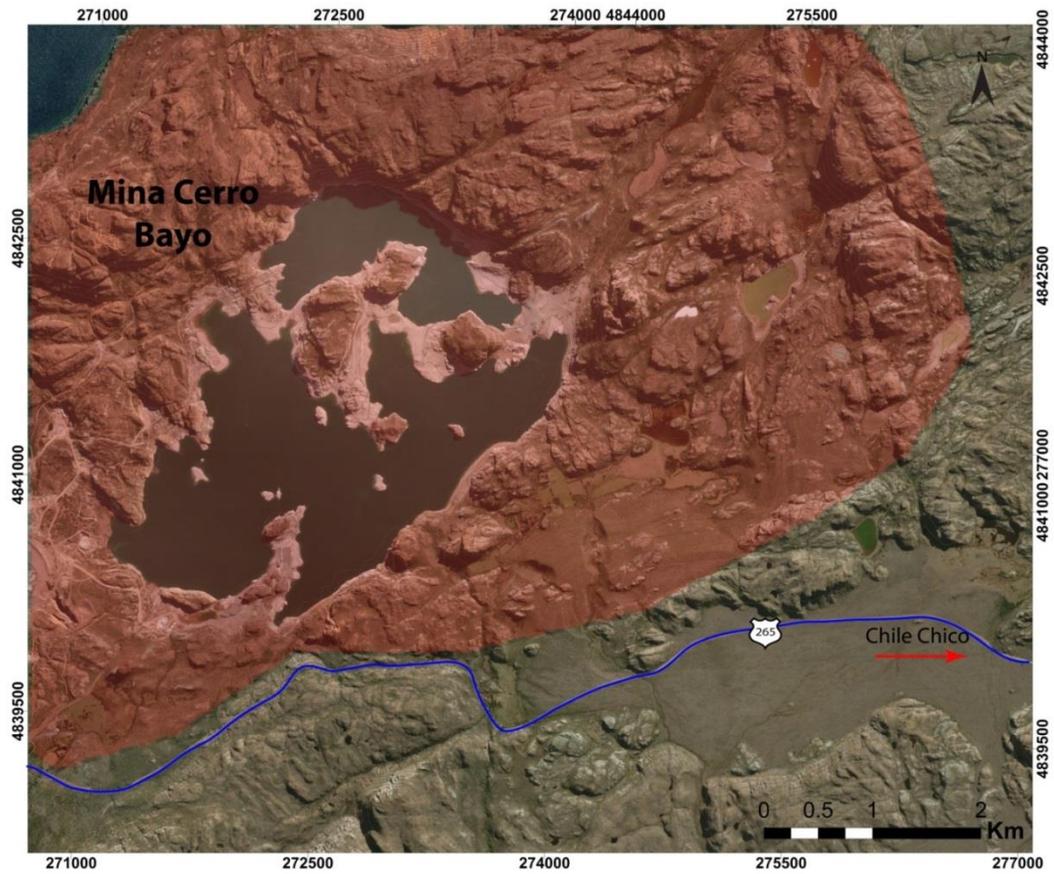


Figura 40: Mapa ubicación geosítio. El área roja corresponde a la superficie que corresponde al geosítio. Si se sigue 9 km la ruta 265 hacia el este se llega a la ciudad de Chile Chico, dirección indicada con la flecha roja.



Figura 41: Vista panorámica hacia el NE desde el mirador. En ella se pueden observar las penínsulas (1,2 y 3) compuestas de ignimbritas riolíticas de la Fm. Ibáñez.



Figura 42: Vista panorámica hacia el NO. A la izquierda se observa el relave de la minera. En la zona central de la imagen están las oficinas de la compañía minera.

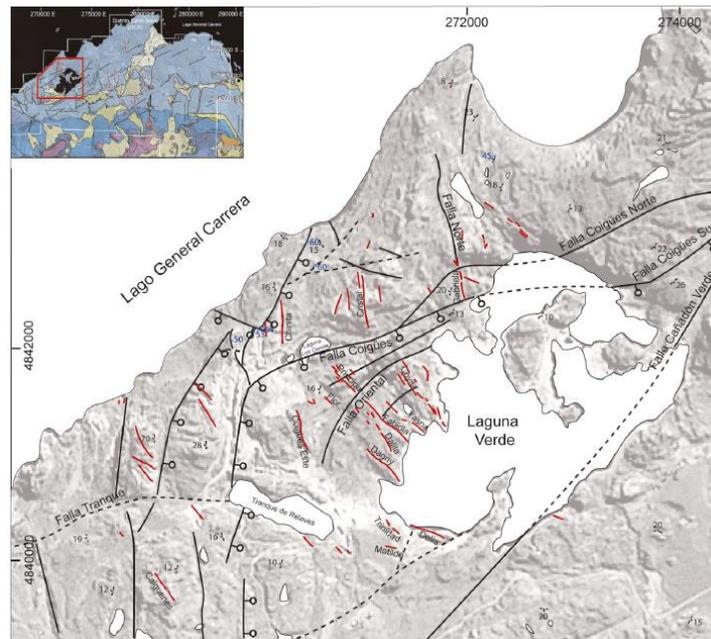


Figura 43: Sistema de fallas y vetas del área Laguna Verde. (Extraído de Boetsch, 2014).



Figura 44: Vista panorámica hacia el norte desde el mirador construido por la compañía minera. Desde este punto es posible observar la belleza escénica del sector en donde se encuentra la mina Cerro Bayo.

Referencias Bibliográficas

- Boetsch, M. 2014. Control estructural de la mineralización Argentó-Aurífera y criterios de exploración en el distrito Cerro Bayo, Región de Aysén, Chile.
- Boetsch, M. Control estructural asociado a las fases de mineralización en el sector Laguna Verde del distrito argénto-aurífero Cerro Bayo, XI Región, Chile.
- De la Cruz, R; Suárez, M. 2008. Geología del área Chile Chico - Río de las Nieves, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 112, 1 mapa escala 1:100.000(112).
- Poblete, J. A., Bissig, T., Mortensen, J. K., Gabites, J., Friedman, R., y Rodríguez, M. (2014). The Cerro Bayo District, Chilean Patagonia: Late Jurassic to Cretaceous Magmatism and Protracted History of Epithermal Ag-Au Mineralization. *Economic Geology*, 109(2), 487-502.

4.3.9 DOMO CERRO BAYO

Domo Cerro Bayo (N° 18)		
Coordenadas (UTM)		Altura (m.s.n.m)
281503 E	4841303 S	621
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	<p>Desde la localidad de Chile Chico hay que dirigirse al oeste por la ruta 265 durante 10 km, el domo se puede divisar prácticamente durante todo el camino (Figura 46), debido a la gran envergadura que este posee. Cuando ya se está a un costado del domo, se observa un pequeño camino utilizado por la gente de la Minera Cerro Bayo, por el cual se puede acceder para tener mayor cercanía. Sin embargo, es terreno privado, por lo que no se recomienda el ingreso sin autorización (Figura 45).</p>	
Valor Principal :Geomorfológico/Tectónico		Valor Secundario: Mineralógico
<p>Justificación</p> <p>El sitio fue seleccionado bajo los criterios de representatividad e integridad, pues este geosito representa perfectamente la geomorfología de domo, y además se encuentra en muy buen estado de conservación. Por lo demás, el lugar presenta un gran interés mineralógico y económico, pues hay una importante alteración hidrotermal en la zona.</p>		
<p>Estado Actual</p> <p>Actualmente se encuentra en propiedad privada, dentro de las inmediaciones de la Compañía Minera Cerro Bayo (Mandalay Resources Corp.).</p>		

Descripción

Corresponde a un domo riodacítico fluidal, de ~500 m de diámetro (Figura 46) que forma parte de un grupo de cuerpos hipabisales alineados norte-sur, que afloran al oeste Chile Chico, cercano al Valle Bahía Jara (Figura 47). Su geometría de domo está compuesta por lavas y depósitos piroclásticos riodacíticos (De la Cruz y Suárez, 2008).

Este cuerpo debe su formación a sistemas de fallas, y fracturas profundas, ambas con orientación norte-sur (Figura 47 y 48), que permitieron el ascenso de magmas, los cuales finalmente se emplazaron como diques y domos (Figura 46, 47, 48), previos a la mineralización. Estos magmas, intruyeron a rocas volcánicas piroclásticas de la Formación Ibáñez durante el Aptiano (Figura 46) (Edad K-Ar de 111-97 Ma; De la Cruz y Suárez, 2008).

La geomorfología de domo se encuentra muy bien preservada en este sitio (Figura 46 y 49), posiblemente a lo muy competente que es la roca debido a una fuerte silicificación (De la Cruz y Suárez, 2008). Sin embargo, esta zona presenta un gran interés mineralógico, debido a la presencia de brechas hidrotermales con altos contenidos de plata, oro y en menor medida metales base (Boetsch, 2014). Las riolitas de biotita descritas por De la Cruz y Suárez (2008), presentan una fuerte alteración a caolinita y trazas de sericita, y una masa fundamental obliterada por silicificación. De igual manera, en las plagioclasa presentes se observa una intensa alteración argílica, y los cristales de biotita presentan sericitización. Esto permite inferir, que posiblemente durante el Aptiano hubo actividad epitermal fuerte, favoreciendo la mineralización de Au y Ag, presente en el distrito minero Cerro Bayo, puesto que la mineralización se llevó a cabo posterior a la creación del domo.

Ilustraciones

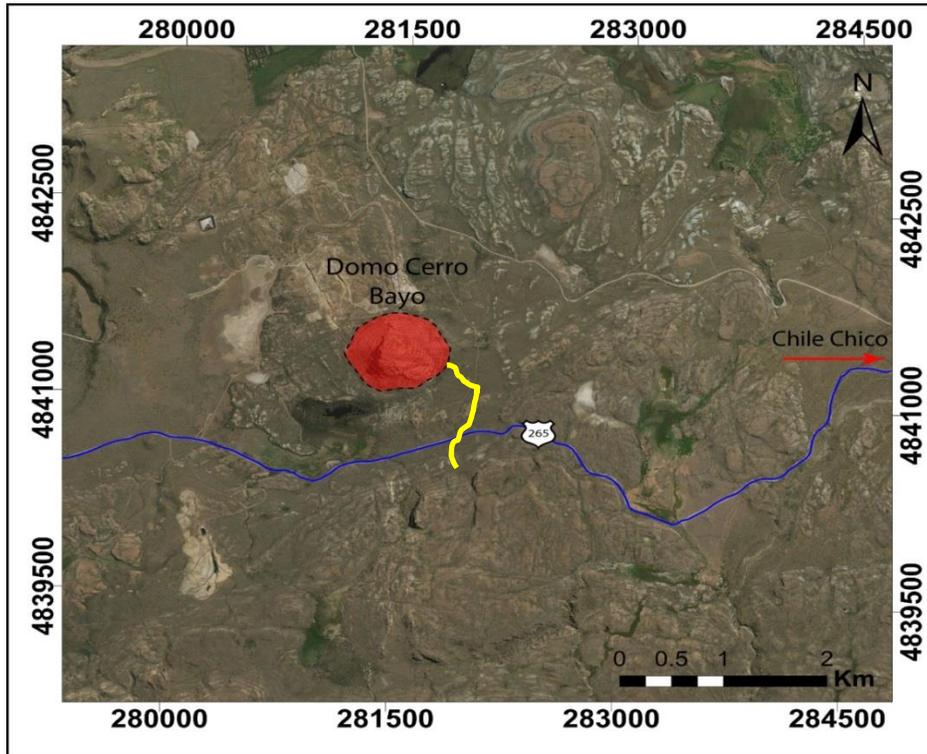


Figura 45: Mapa ubicación Domo Cerro Bayo. En azul la ruta 265 y en amarillo el sendero por el cual se puede acceder a la base del domo. La flecha roja indica la dirección en la cual se encuentra Chile Chico, 10 km al este del geositio.

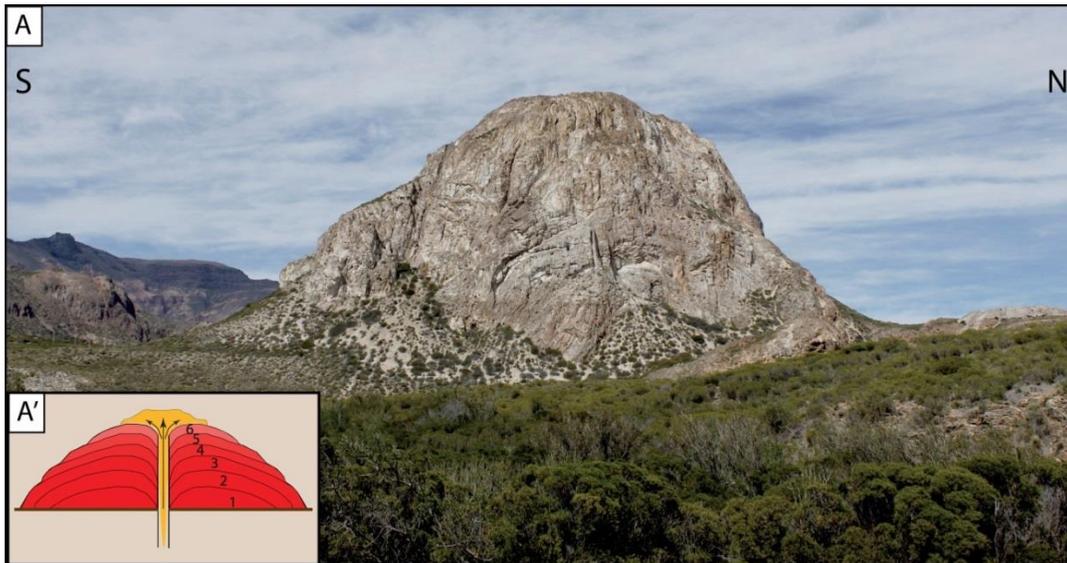


Figura 46: Foto hacia el este desde la ruta 265, del Domo Cerro Bayo.

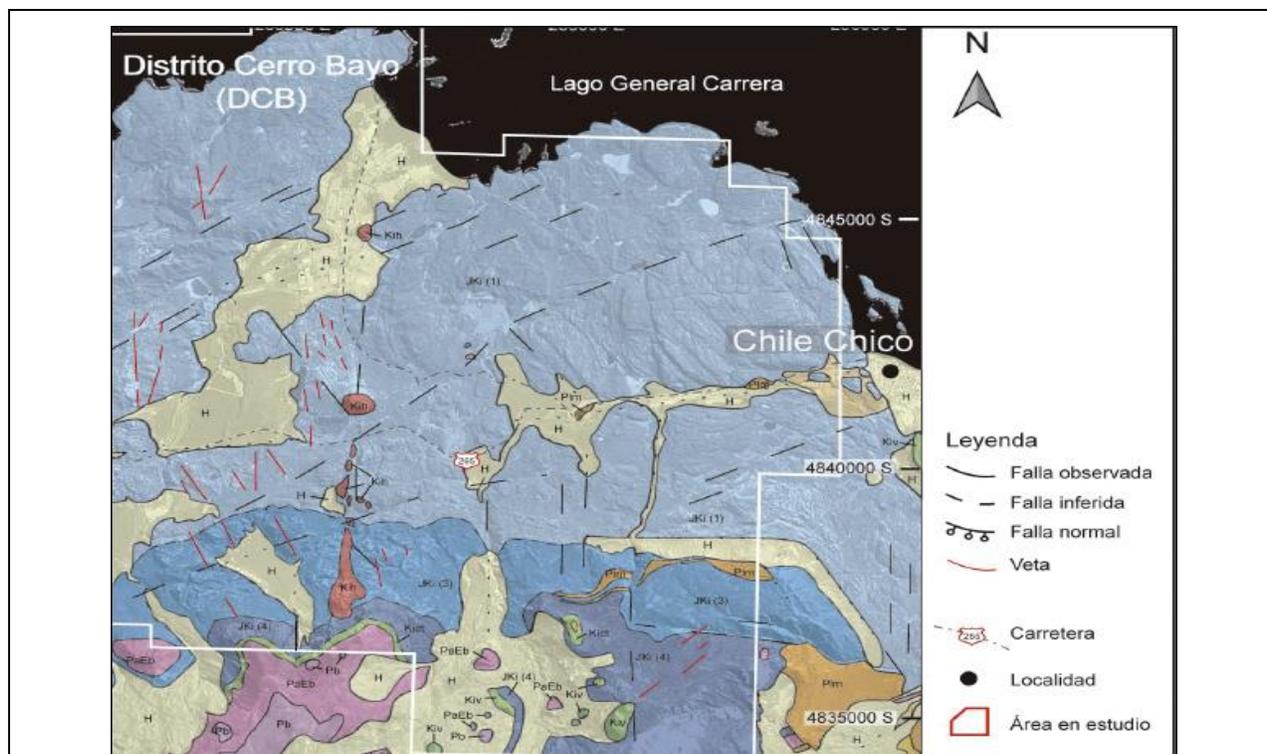


Figura 47: Mapa en donde se marcan las fallas en el área, en la Figura 46 hay una panorámica de la franja de cuerpos hipabisales señalados en el mapa.. (Extraída de Boetsch, 2014)



Figura 48: Vista hacia el NE desde el Co. Lápiz de la franja de domos. En línea punteada roja se marca una de las fallas inferidas que habrían facilitado el ascenso de magmas, los cuales se emplazaron como domos.

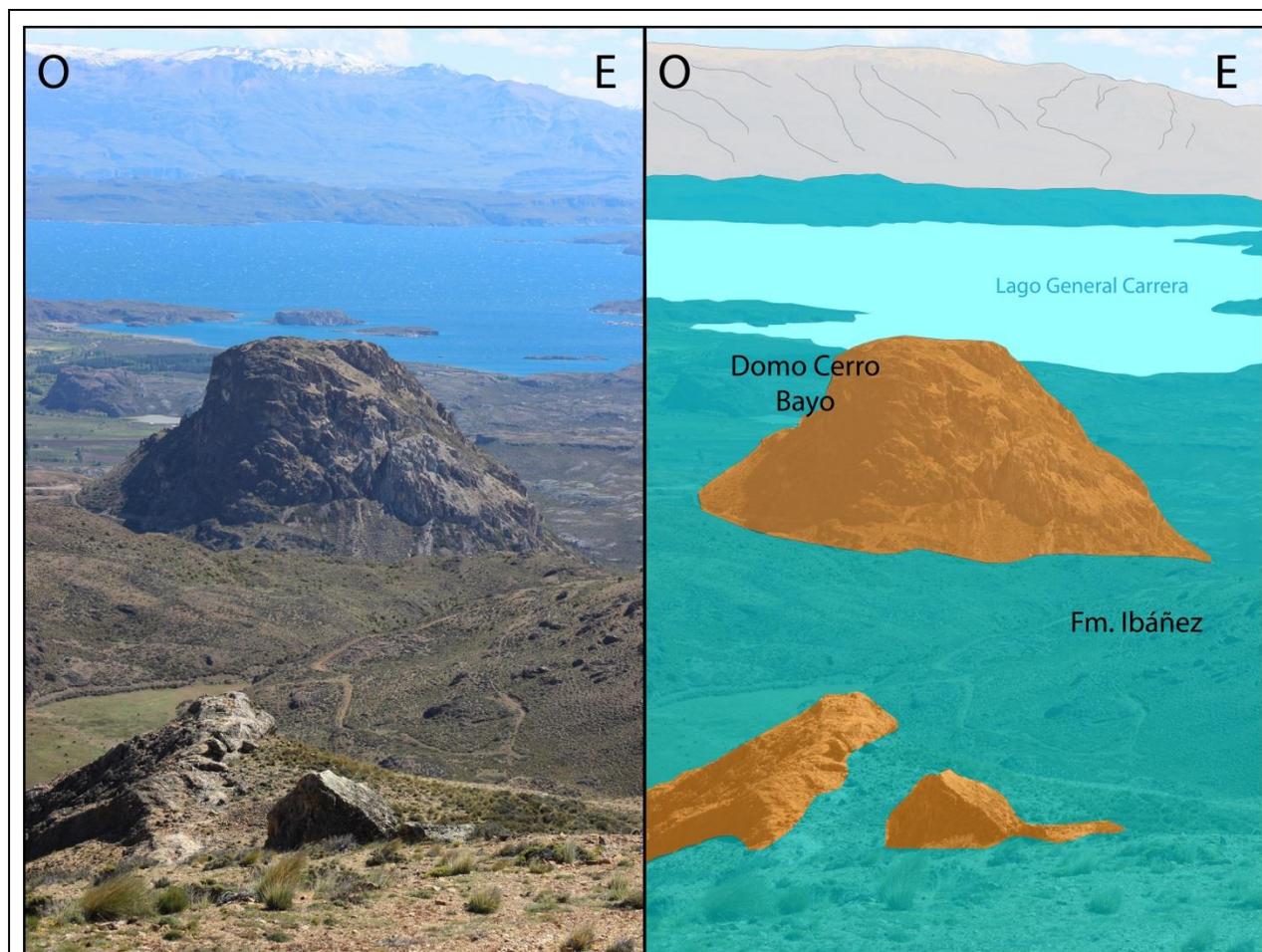


Figura 49: Vista hacia el norte del Domo Cerro Bayo desde el Cerro Lápiz. Se puede apreciar el contacto discordante entre el domo y los depósitos de la Formación Ibáñez. Observándose además la buena preservación de la morfología de domo volcánico. También se observa depósitos de la unidad Hipabisales y domo Cerro Bayo, en color naranja.

Referencias Bibliográficas

- Boetsch, M. 2014. Control estructural de la mineralización Argentó-Aurífera y criterios de exploración en el distrito Cerro Bayo, Región de Aysén, Chile
- De la Cruz, R; Suárez, M. 2008. Geología del área Chile Chico - Río de las Nieves, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 112, 1 mapa escala 1:100.000(112).

4.3.10 BASANITA CON XENOLITOS MANTÉLICOS DE CERRO LÁPIZ

Basanita con Xenolitos Mantélicos de Cerro Lápiz (N° 19)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
281646 E	4835996 S	1504
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	Desde Chile Chico son 8 km al oeste por la ruta 265 hasta encontrar un pequeño desvío para acceder al campo de Don Carlos Sepúlveda, lugar donde se debe solicitar autorización para poder ingresar. Luego se continúa por un camino vehicular de tierra en buen estado (sendero verde), para luego continuar la ruta a pie durante una hora aproximadamente (sendero rojo) (Figura 50).	
Valor Principal: Petrológico		Valor Secundario: Geomorfológico/Escénico
<p>Justificación</p> <p>Este geositio, fue escogido por la implicancia científica y rareza que significa la presencia de xenolitos mantélicos en el cuerpo subvolcánico Cerro Lápiz. La gran importancia científica recae en que estas rocas son un material geológico que permite caracterizar y entender como era el manto bajo dicha zona para un momento específico, es decir nos otorga una “fotografía” instantánea del manto, donde no existe otra forma de muestrear (Espinoza y Morata, 2003). Siendo esta una de las únicas maneras en que podemos acceder a “tocar” el manto. Rareza, pues son escasos los afloramientos en la zona que contengan muestras de roca provenientes del manto, ejemplos de esto son los xenolitos mantélicos de Balmaceda, sin embargo estos son Eocenos, y los Xenolitos de Cerro Lápiz son Pliocenos, por lo cual son los únicos de esa edad.</p>		

Estado Actual

Actualmente no presenta un uso específico, siendo sólo utilizado con fines científicos (presente en publicaciones de Espinoza, 2003; Espinoza y Morata, 2003; Espinoza et al., 2005; Schilling et al., 2017). Este sector se encuentra en terrenos privados. Sin embargo, se encuentran muy cercanos al límite con la Reserva Nacional Lago Jeinimeni.

Descripción

El lugar seleccionado corresponde a un cuello basanítico (Cerro Lápiz), el cual corta a los Basaltos Inferiores de Chile Chico (basaltos alcalinos que extruyeron durante el Eoceno) (Figura 51). Desde donde es posible observar hacia el NO la Mina Cerro Bayo, hacia el NE el Domo Cerro Bayo y la franja de intrusivos e hipabisales Cerro Bayo (Figura 48).

Incluidos en el cuello subvolcánico, encontramos xenolitos de origen mantélico en la forma de nódulos de color verdoso, compuestos por abundante olivino, ortopiroxeno, clinopiroxeno y espinela (Espinoza y Morata, 2003; Schilling et al, 2017). Mineralogía que también se aprecia en los cortes transparentes analizado en este trabajo (Anexo Muestras). A partir de los análisis realizados por Espinoza y Morata (2003), los xenolitos corresponden a lherzolitas de espinela.

Los xenolitos observados corresponden a rocas mantélicas incluidas en el magma basáltico de Cerro Lápiz durante su ascenso hacia la superficie. Estas rocas poseen un color verde a muestra de mano, con formas irregulares a subredondeadas y tamaños de 2 a 9 cm (Figura 52), holocristalinos, inequigranulares y de grano medio a grueso. Los cristales presentan fracturas y algunas texturas de desequilibrio (Anexo Muestras).

La roca encajante (donde se encuentran los xenolitos) corresponde a un cuerpo subvolcánico basáltico de color negro. Con diaclasamiento columnar y de aproximadamente unos 10 m de altura (Figura 51 y 53). El análisis mineralógico a corte transparente presenta fenocristales de olivino, clinopiroxeno, ortopiroxenos, plagioclasa y vidrio intersticial (Anexo Muestras).

Según estudios realizados por Espinoza (2003), indican que las fases minerales que componen a los xenolitos presentarían un rango de estabilidad termodinámica entre las temperaturas de 850°-1000°, lo que correspondería a presiones entre 8-15 Kbar, y que a su vez equivale a profundidades de 30-45 km, de acuerdo a los gráficos de estabilidad de espinela-lherzolita propuestos por Gasparik (1984) y Webb and Wood (1986). A partir de lo anterior los autores Espinoza y Morata (2003), en conjunto con el hecho de que los xenolitos no están genéticamente relacionados con los basaltos inferiores de Chile Chico, ni con la roca que los contiene (Espinoza, 2003). Corresponderían a fragmentos del manto superior (30-45 km de profundidad), que fueron capturados por el magma que ascendió desde profundidades cercanas a los 65-70 km (Tassara y Yáñez, 2003; Espinoza y Morata, 2003) y transportados rápidamente a la superficie.

Ilustraciones

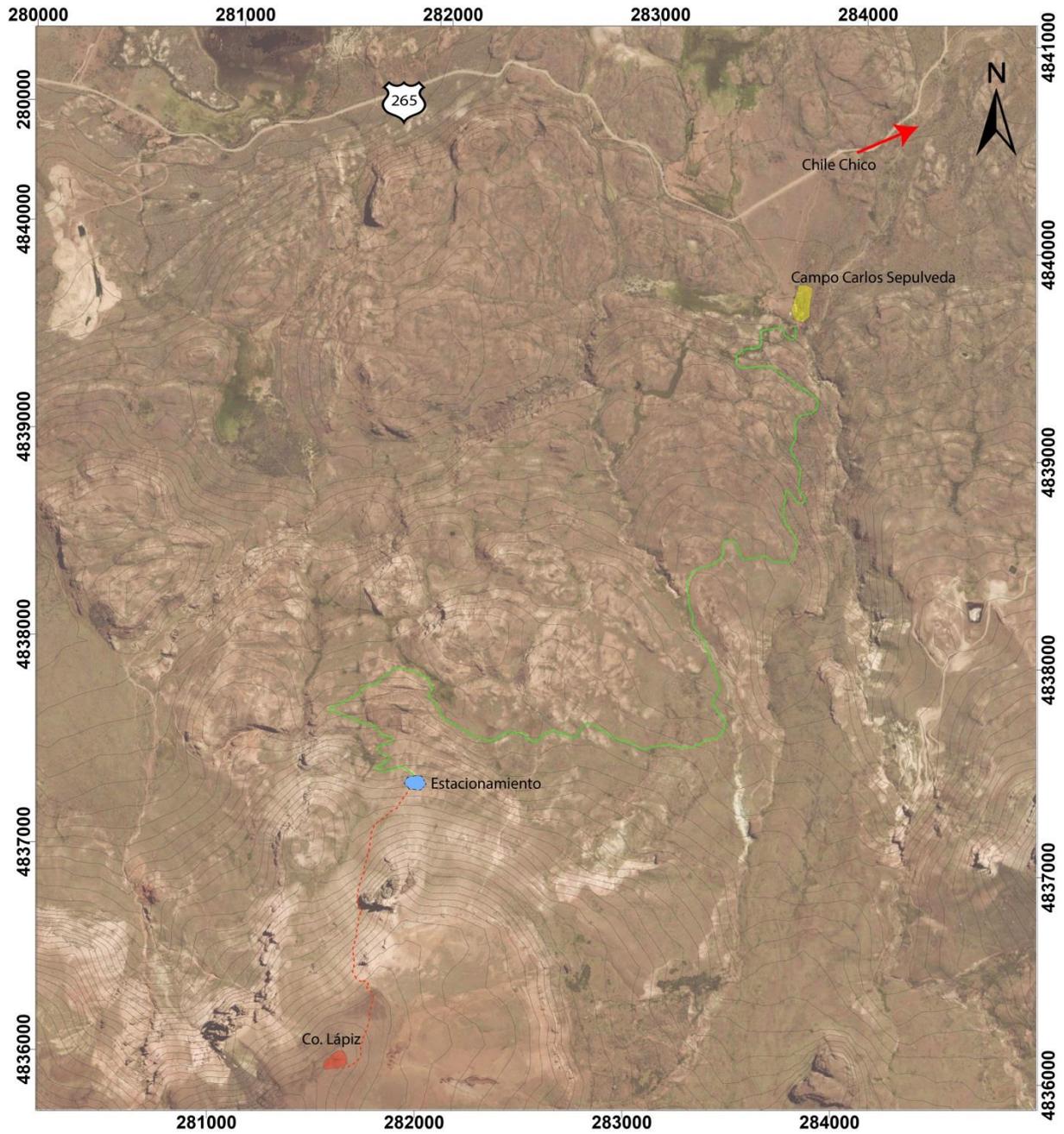


Figura 50: Mapa ubicación geosito. En verde el camino para vehículo 4x4 y rojo el sendero para acceder a Cerro Lápiz.

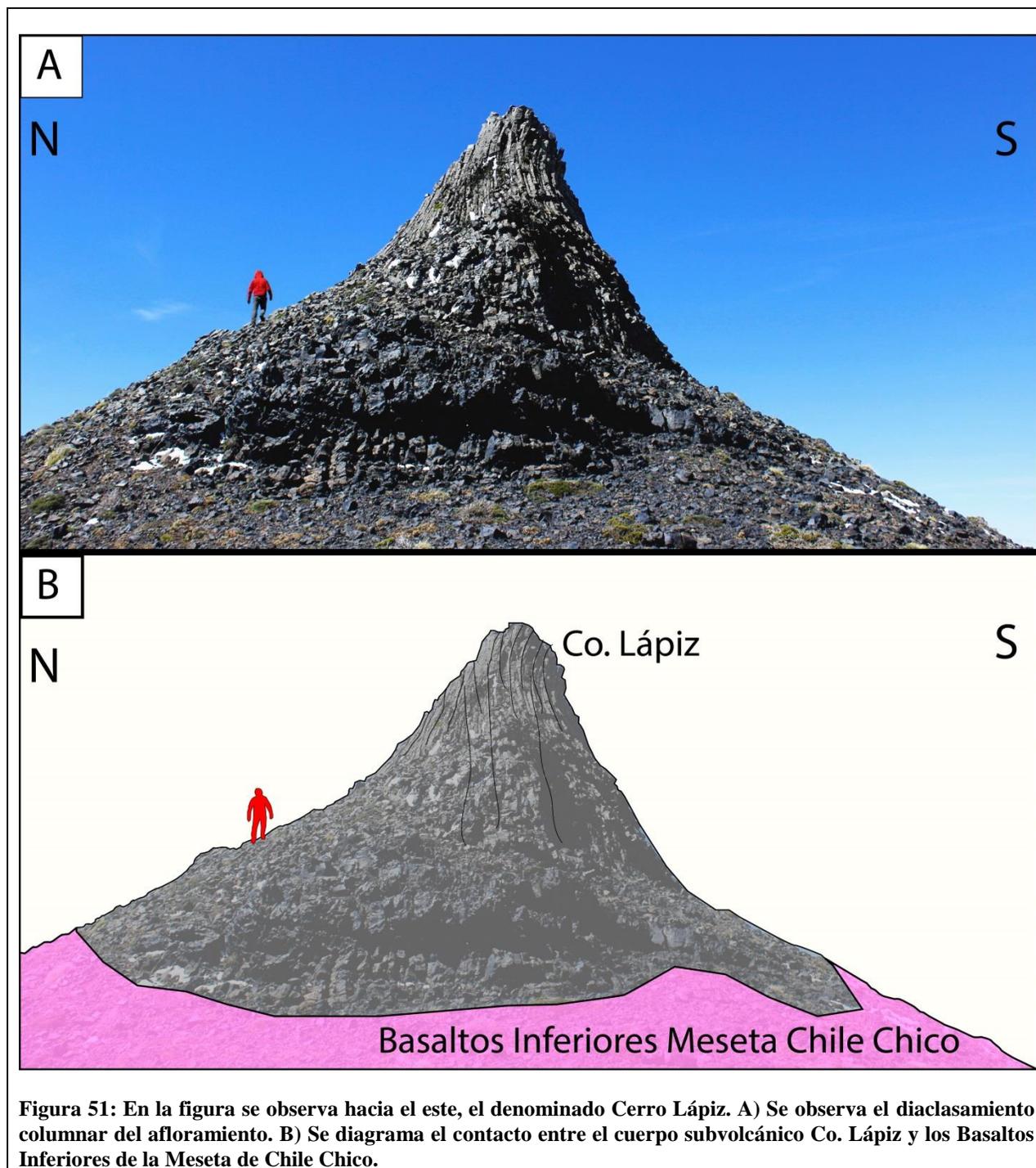


Figura 51: En la figura se observa hacia el este, el denominado Cerro Lápiz. A) Se observa el diaclasamiento columnar del afloramiento. B) Se diagrama el contacto entre el cuerpo subvolcánico Co. Lápiz y los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico.



Figura 52: Afloramiento en el cual se observa un xenolito mantélico de 8 cm de diámetro. En el cuerpo subvolcánico Co. Lápiz se pueden encontrar una gran cantidad de xenolitos en las columnas que conforman el afloramiento.

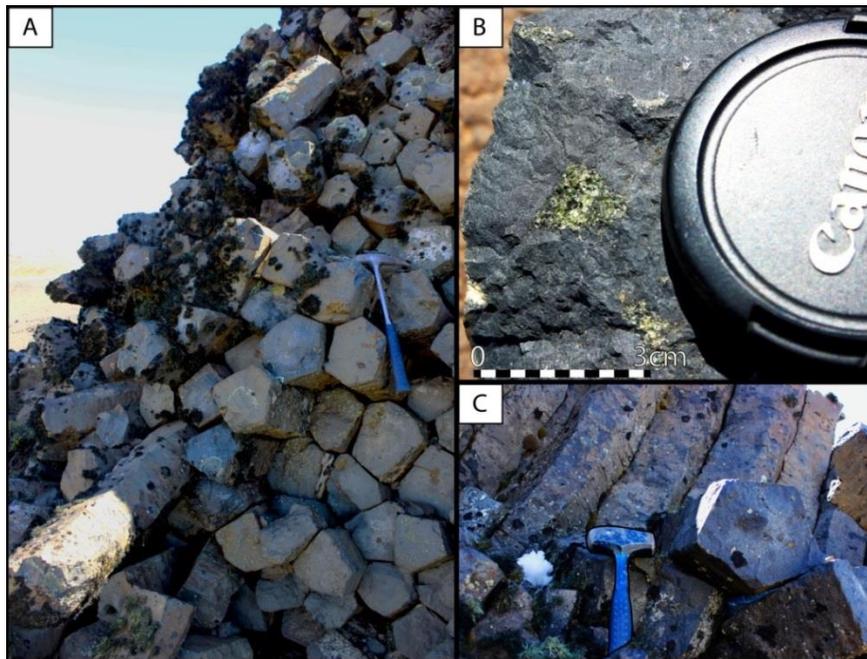


Figura 53: Vista de las columnas que forman el cuerpo subvolcánico Cerro Lápiz. A) Vista hacia el oeste de las columnas. B) Foto de un xenolito mantélico de 1 cm de diámetro aproximadamente. C) Otra vista de las columnas pentagonales con un combo de escala.

Referencias Bibliográficas

- Baker, P.E.; Rea, W.J.; Skarmeta, J.; Caminos, R.; Rex, D.C. 1981. Igneous history of the Andean Cordillera and Patagonian Plateau around latitude 46°S. *Philos . Trans. R. Soc. London, Ser. A*, 303, pp 105-149.
- Charrier, Reynaldo; Linares, E; Niemeyer, Hans; Skarmeta, J. 1979. K-Ar ages of basalt flows of the Meseta Buenos Aires in southern Chile and their relation to the southeast Pacific triple junction. *Geology* 7, 436-439.
- Espinoza, F. (2003). Petrología y Geoquímica de los Basaltos Cenozoicos de la meseta Chile Chico, 46°35”-46°47”S-71°46”-72°02”W, XI Región de Aysén, Chile. . *Memoria de Título y Tesis de Magister M.Sc., Universidad de Chile, Departamento de Geología*, 220.
- Espinoza, F., y Morata , D. 2003. Xenolitos mantelicos incluidos en Cerro Lápiz, Meseta Chile Chico, XI Región de Aysén, Chile. *Congreso Geológico Chileno, No. 10*. Concepción.
- Espinoza, F., Morata, D., Pelleter, E., Maury, R., Suárez, M., Lagabrielle, Y., y otros. 2005. Petrogenesis of the Eocene and Mio-Pliocene alkaline basaltic magmatism in Meseta Chile Chico, southern Patagonia, Chile: Evidence for the participation of two slab windows. *Lithos*, 82(3), 315-343.
- Schilling, M. E., Carlson, R. W., Tassara, A., Conceição, R. V., Bertotto, G. W., Vásquez, M., ... y Morata, D. 2017. The origin of Patagonia revealed by Re-Os systematics of mantle xenoliths. *Precambrian Research*.

4.3.11 DEPÓSITOS DE OLEADA PIROCLÁSTICA BASÁLTICA DE CHILE CHICO

Depósitos de oleada piroclástica basáltica (N° 20)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
283581 E	4836931 S	1082
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	<p>Desde Chile Chico son 8 km al oeste por la ruta 265 hasta encontrar un pequeño desvío para acceder al campo de Don Carlos Sepúlveda, lugar donde se debe solicitar autorización para poder ingresar. Desde este punto se sigue un camino vehicular de tierra en buen estado (sendero verde) durante ~4 km. Se puede acceder a un segundo afloramiento siguiendo el camino que dirige al oeste (camino rojo) durante ~800 m, en este punto se debe caminar hacia el sur por el sendero marcado en rojo en la Figura 54.</p>	
Valor Principal: Petrológico		Valor Secundario: Geomorfológico
<p>Justificación</p> <p>Este geositio fue seleccionado debido a que representa las evidencias de volcanismo explosivo de composición basáltica, lo cual es un fenómeno poco común. Asimismo, este geositio es uno de los escasos afloramientos de esta clase que pertenecen a los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico.</p>		
<p>Estado Actual</p> <p>Actualmente este afloramiento, al igual que el Cerro Cuadro, se encuentra en predios privados, los cuales son utilizados generalmente para ganadería. Este lugar se encuentra muy meteorizado, y no cuenta con ningún elemento de preservación, sin embargo se encuentran muy cercanos al</p>		

límite con la Reserva Nacional Lago Jeinimeni.

Descripción

El geosítio corresponde a depósitos de oleada piroclástica, es decir a una corriente de densidad, mezcla de piroclastos y gases controlada por la gravedad donde el material está ampliamente distribuido a través de una diluida y altamente turbulenta suspensión de partículas. Estas se generó principalmente a partir del colapso de la columna eruptiva producida por la erupción de un volcán, en este caso paleo volcanes, que habría alcanzado velocidades que oscilan entre los 100 y 200 km/hr. Los depósitos generados cubren la topografía con forma de manto, acumulándose en depresiones y cuencas (Figura 55-A y 56-A). Este afloramiento, presenta estratificación cruzada, buen grado de selección y juveniles con cierto grado de redondeamiento (Figura 55, 56-B y 56-C).

Estos depósitos están relacionados con las secuencias volcánicas basálticas inferiores de la Meseta de Chile Chico (Espinoza et al., 2005), ya que presentan edad (57-34 Ma), y composición similar a los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico, siendo los únicos depósitos de oleada piroclástica pertenecientes a esta formación.

Ilustraciones

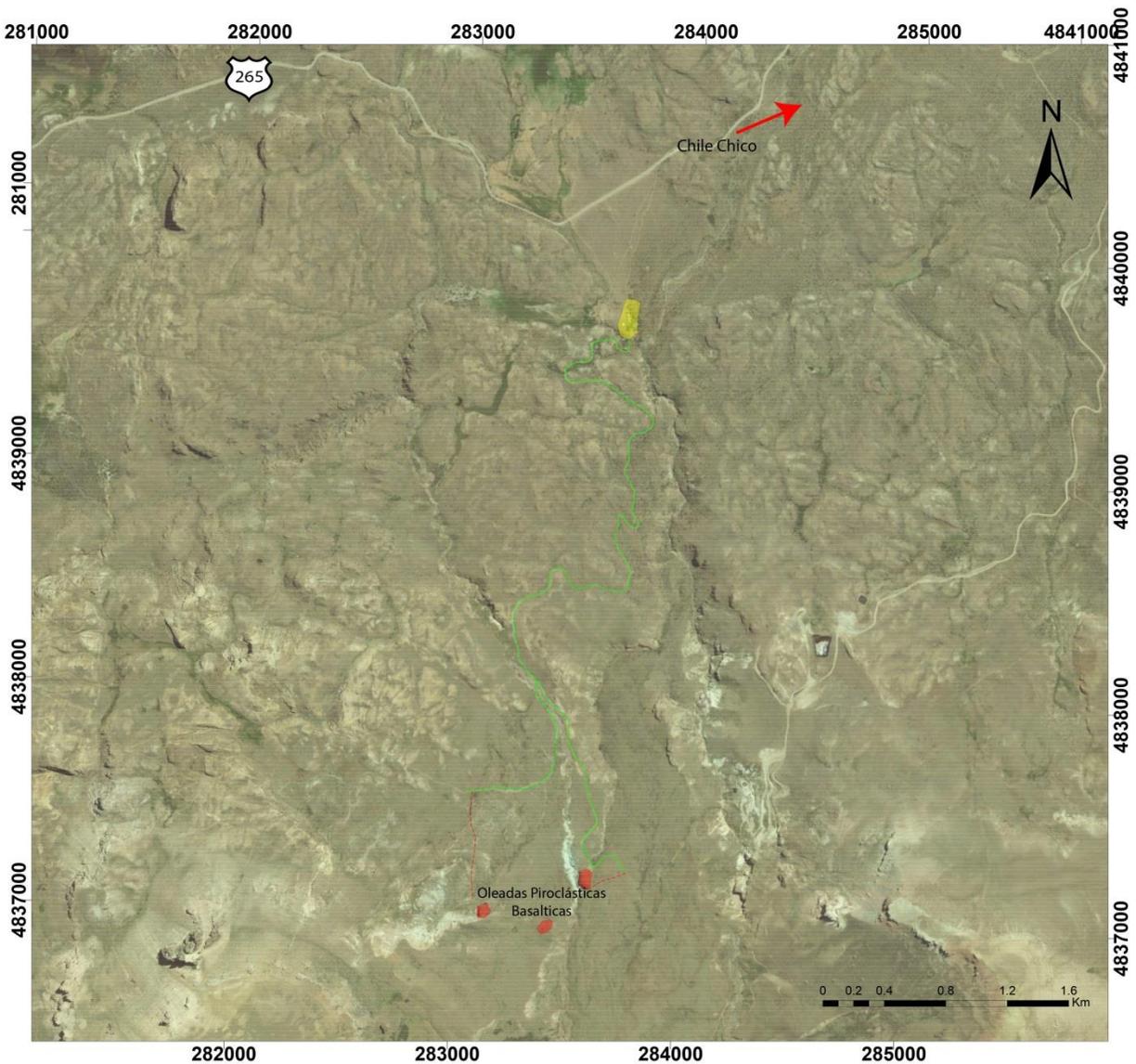
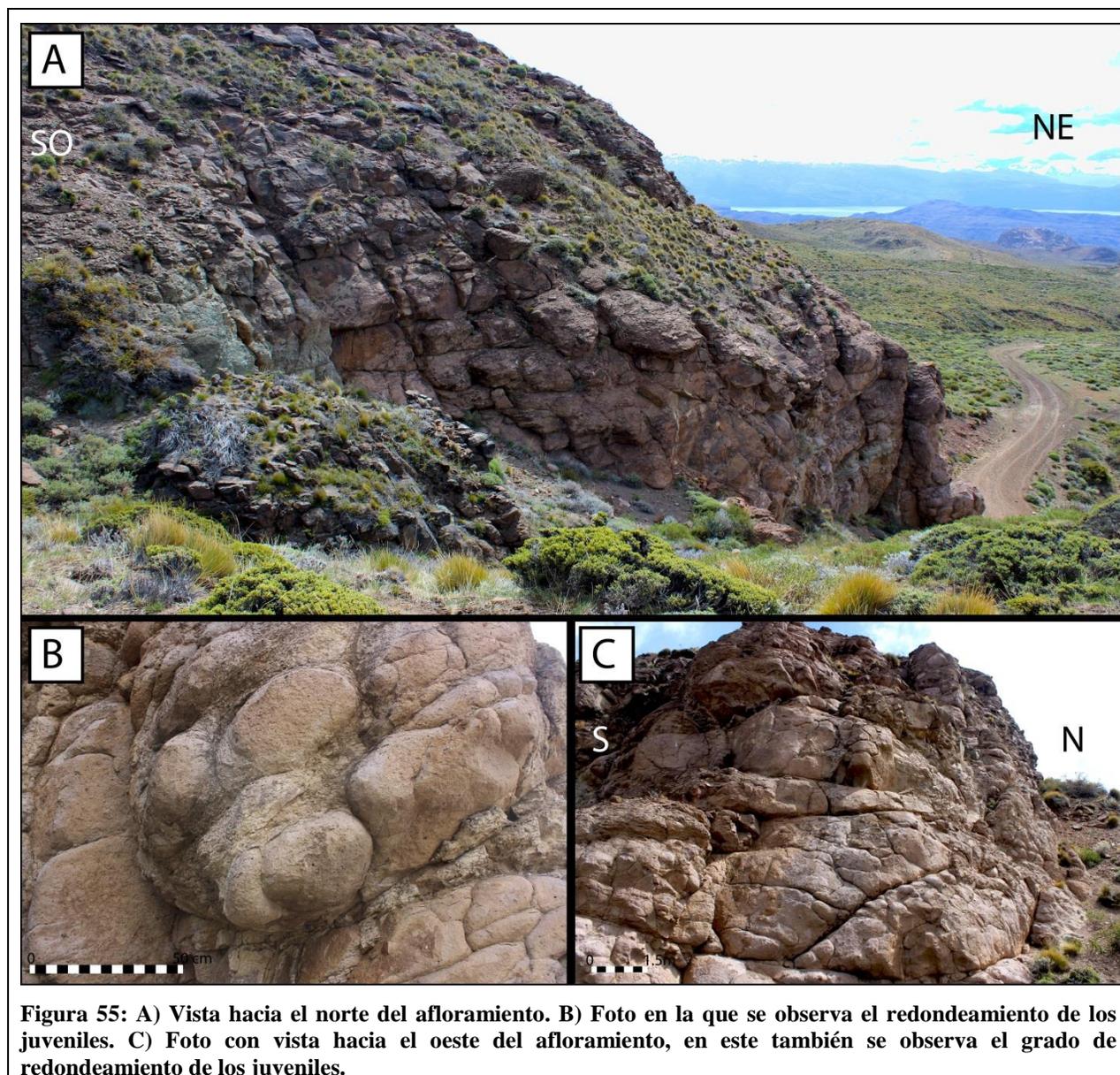


Figura 54: Mapa con camino para 4X4 (azul) y sendero (rojo) para acceder a depósitos de oleada piroclástica basáltica. La flecha roja indica la dirección en la cual se encuentra la ciudad de Chile Chico, a unos 10 km hacia el este.



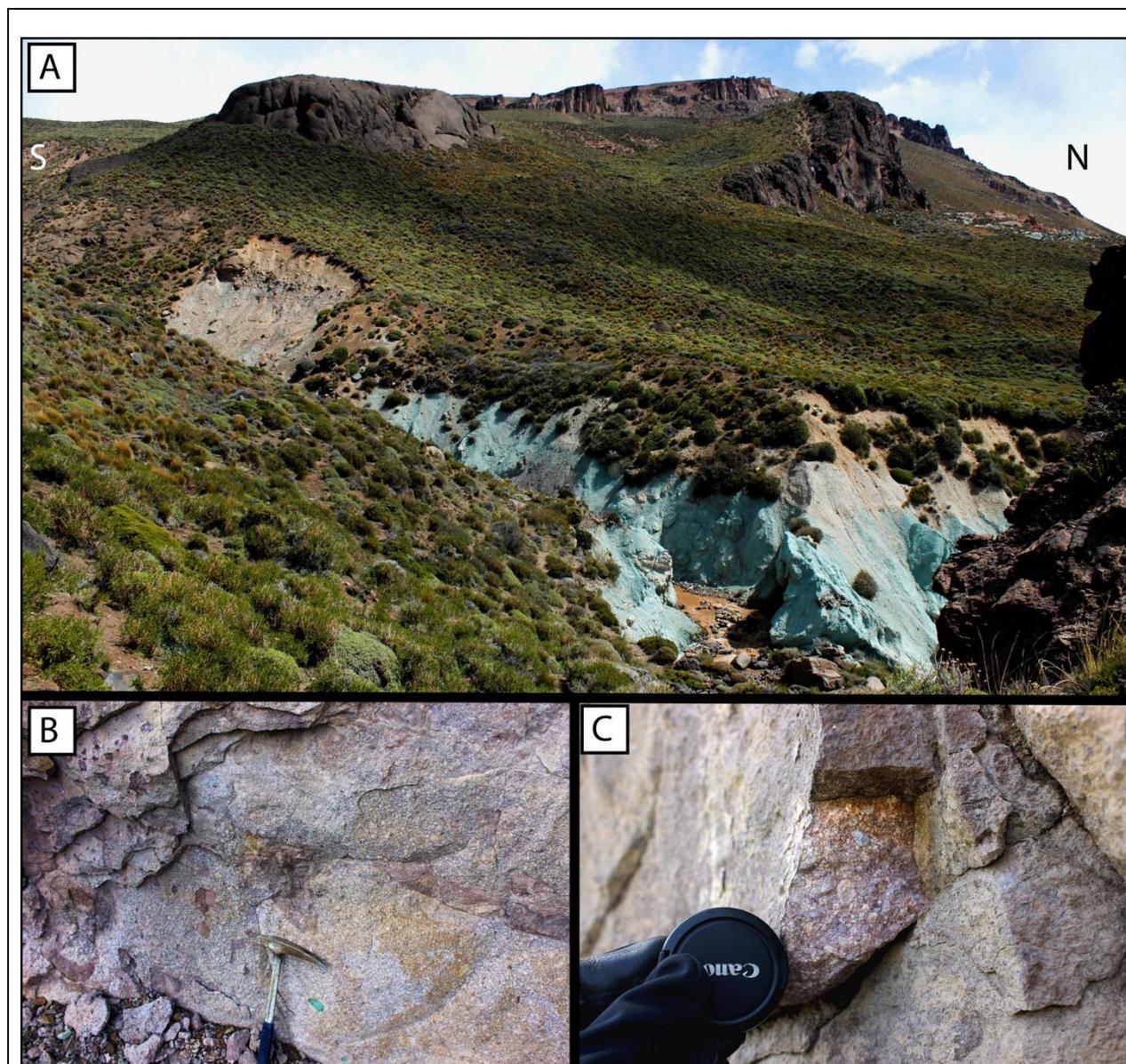


Figura 56: A) Vista hacia el oeste del afloramiento que se encuentra hacia el poniente. B) y C) Se observa la roca que presentan clastos y juveniles con buena selección.

Referencias Bibliográficas

- De la Cruz, R; Suárez, M. 2008. Geología del área Chile Chico - Río de las Nieves, región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 112, 1 mapa escala 1:100.000(112).

4.3.12 DIATREMA CHILE CHICO

Diatrema de Chile Chico (N° 22)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
283992 E	4835998 S	1020
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	<p>Para acceder a este geositio se debe seguir la ruta 265 durante 8 km, hasta encontrar un claro a mano izquierda, si se viene desde Chile Chico. Aquí se encuentra un desvío para acceder al campo de Don Carlos Sepúlveda, lugar donde se debe solicitar autorización para poder ingresar. Desde este punto se sigue un camino vehicular de tierra en buen estado (sendero verde) durante ~5.5 km. Se observa una estructura de grandes dimensiones hacia el SO (Figura 57).</p>	
Valor Principal: Geomorfológico		Valor Secundario: Escénico
Justificación		
<p>Este geositio fue seleccionado bajo los parámetros de integridad, representatividad y rareza. El primero se debe a que la morfología que se observa ha sido afectada en muy baja medida por la erosión, manteniendo en gran medida su forma inicial. El segundo criterio, es debido a que se observa claramente la forma teórica que posee una diatrema. Y finalmente se consideró su rareza pues son escasos los afloramientos en esta zona que estén tan bien preservados y que muestren esta geomorfología.</p>		
Estado Actual		
<p>El geositio propuesto se encuentra en predios privados. Sin embargo, está muy cercano al límite de la Reserva Nacional Lago Jeinimeni.</p>		

Descripción

El geositio perteneciente al CGT9-Magmatismo Paleógeno Asociado a Extensión, corresponde a una diatrema volcánica, ubicado en el valle del Estero Lo Burgos. Este cuerpo de 280 m de diámetro, y 60-70 m de alto aproximadamente (Figura 58), se encuentra emplazado en depósitos de remociones en masa con fragmentos caóticos de tamaños variados, desde arcillas hasta bloques métricos.

De la Cruz y Suárez (2008) definieron este afloramiento como una diatrema volcánica, morfología que también fue observada en terreno. Este sitio se correlaciona a los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico, por lo que su litología correspondería a basaltos brechosos y su edad sería Paleoceno tardío-Eoceno.

Las diatremas corresponden a cuerpos brechosos con forma de embudo (Figura 59), en vista en planta presentan geometrías circulares a elípticas y pueden alcanzar profundidades de 1000-2000 m. Estos cuerpos, son generados debido a un volcanismo particular, el cual es producto del ascenso de magmas a través de zonas de fractura o debilidad (Fallas N-S para este caso; Figura 9). Sin embargo, se puede dar debido a dos tipos de procesos que conllevan a la formación de una diatrema. El primero es causado por el contacto del magma ascendente con rocas porosas sobresaturadas en agua o el contacto del magma con un cuerpo de agua. Esto genera una ebullición casi instantánea, lo que conduce a una explosión violenta de volátiles (vapor) provenientes del agua que tuvo contacto con el magma, este proceso es denominado “erupción freatomagmática”. El segundo proceso, se lleva a cabo durante el ascenso de magma, en donde los volátiles disueltos en él comienzan a exsolverse, sin embargo la presión de confinamiento de la roca caja permite que los volátiles permanezcan disueltos en el magma. Ya cercano a la superficie la presión es tal que supera a la presión confinante, lo cual genera una exsolución de volátiles violenta y explosiva. Ambos procesos culminan de manera violenta, con fragmentación y movimiento ascendente de material, posteriormente puede colapsar el material expulsado previamente hacia el interior del cráter. De esta forma, el interior del conducto es rellenado con sedimentos, material piroclástico de distintos tamaños y fragmentos de roca caja (Maksaev, 2001), conformando una brecha matriz o clasto soportada.

La Diatrema de Chile Chico es una manifestación del proceso descrito anteriormente, en donde sus alrededores han sido erosionados, posiblemente por efecto del clima y procesos glaciares, lo cual ha hecho viable observar la manifestación de este proceso en superficie.

Ilustraciones

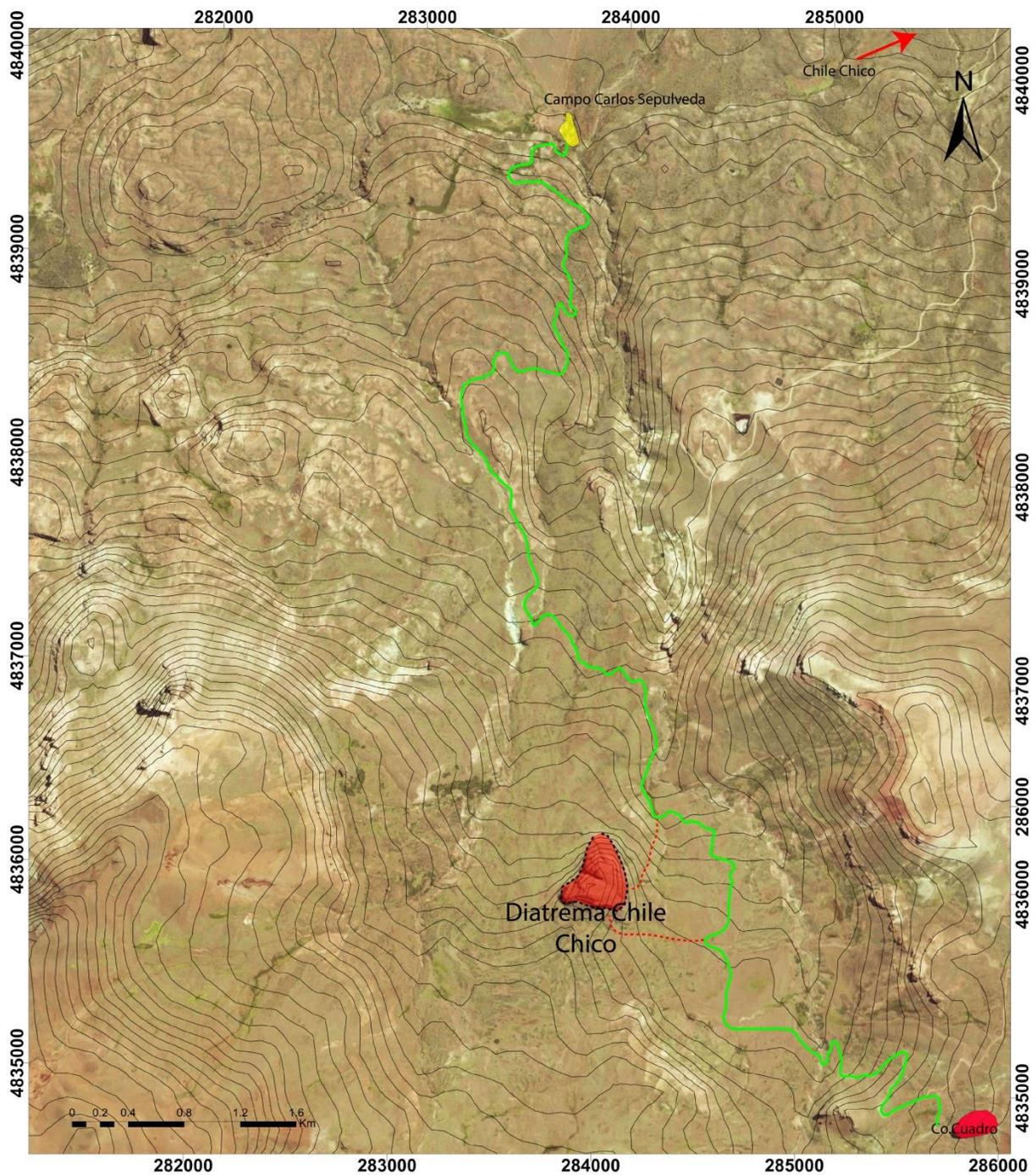


Figura 57: Mapa ubicación diatrema. En verde el camino para vehículos 4x4 y en rojo el sendero. Achurado en rojo el área que corresponde a la diatrema. La Flecha roja, indica la dirección en que se encuentra la ciudad de Chile Chico, a 8 km aproximadamente.

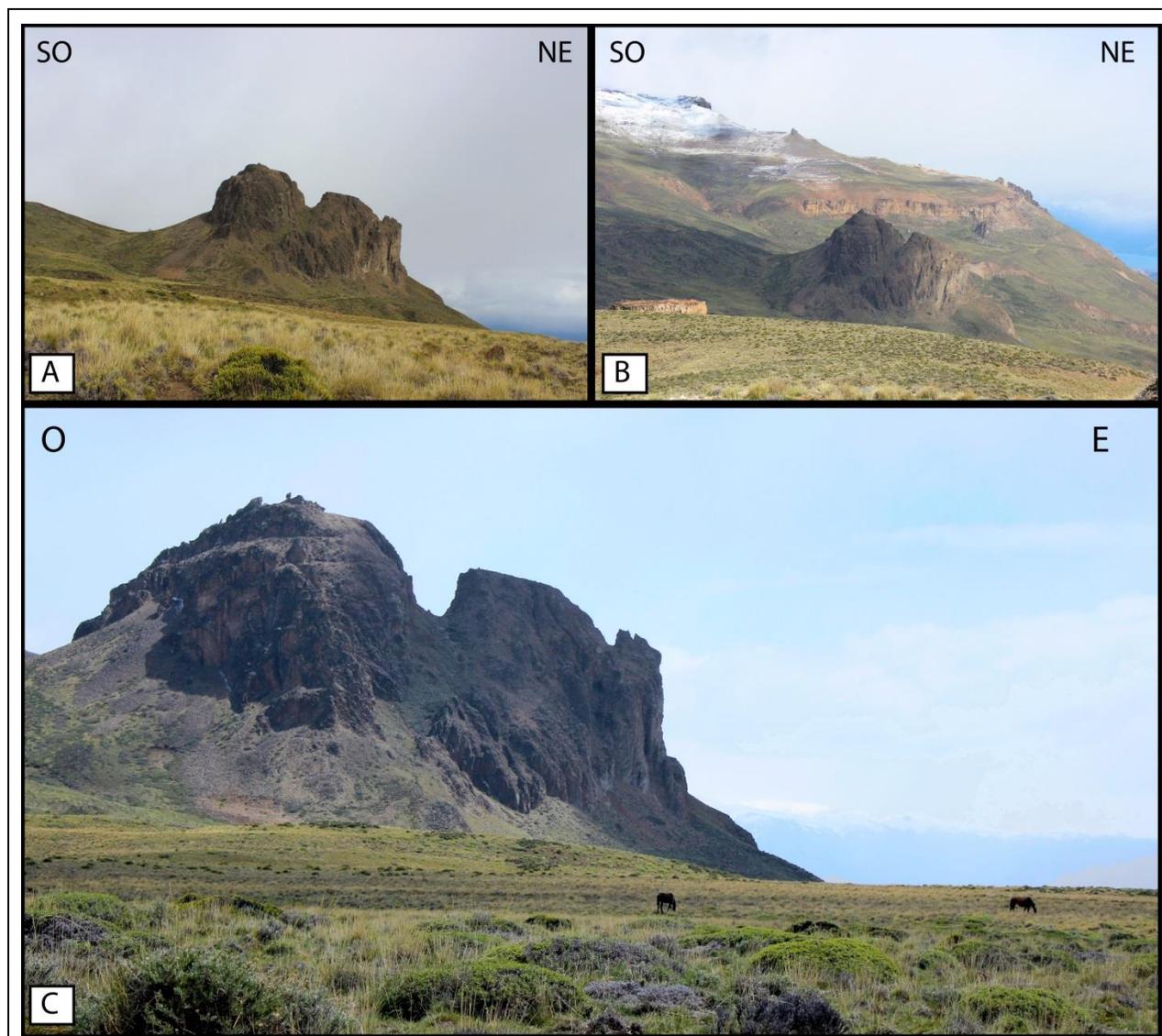


Figura 58: Vistas panorámicas de la Diatrema de Chile Chico. A) Vista hacia el oeste de la diatrema, en la cual se puede apreciar no tan claramente la forma de embudo. B) Vista hacia el oeste de la diatrema desde el Cerro Cuadro, en la imagen se ven al fondo parte de los depósitos de los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico. C) Vista hacia el NO de la diatrema, en la cual se puede apreciar su envergadura.

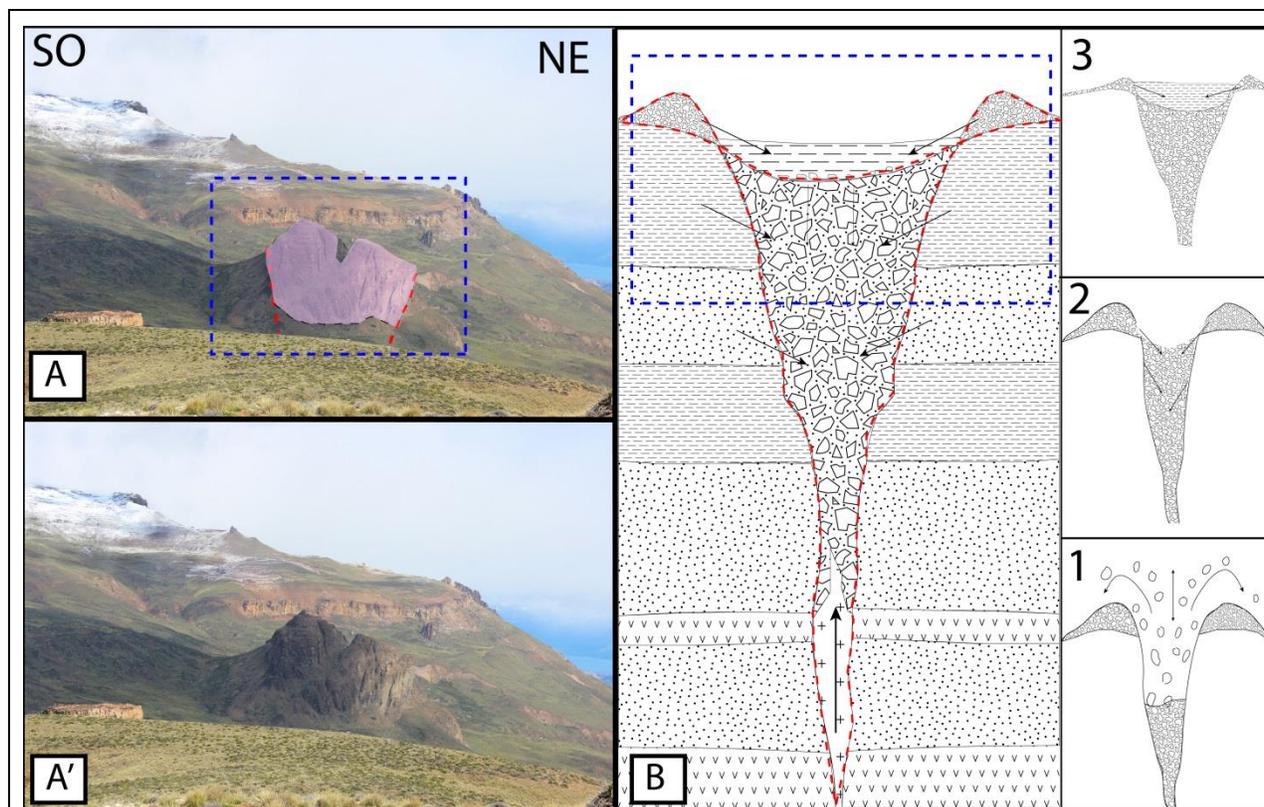


Figura 59: Imagen en la cual se compara la Diatrema de Chile Chico con uno de los modelos de formación de un diatrema. Rectángulo azul con línea punteada, indica la zona que en teoría se está viendo. B) Movimiento de material durante el desarrollo de una diatrema. Etapa 1: Explosión con fragmentación y movimiento ascendente de material y formación de anillo de tobas por expulsión lateral de materiales. Etapa 2: Colapso con movimiento descendente de los materiales y el derrumbe de paredes de roca de caja y deslizamiento de materiales de anillo de tobas hacia el interior del cráter (maar). Etapa 3: Relleno sedimentario del maar o depositación de material piroclástico. Las diatremas pueden tener (y comúnmente tienen) varios pulsos explosivos sucesivos y pueden o no estar acompañadas de actividad volcánica posterior (Extraído y modificado Maksaev, 2001).

Referencias Bibliográficas

- Boetsch, M. 2014. Control estructural de la mineralización Argento-Aurífera y criterios de exploración en el distrito Cerro Bayo, Región de Aysén, Chile.
- De la Cruz, R; Suárez, M. 2008. Geología del área Chile Chico - Río de las Nieves, región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 112, 1 mapa escala 1:100.000(112).

4.3.13 DIQUES Y CUERPOS SUBVOLCÁNICOS DE PUERTO GUADAL

Diques y Cuerpos Subvolcánicos (N° 23)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
670602 E	4804905 S	273
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	Desde la localidad de Puerto Guadal se recorren ~6 km hacia el SO por la ruta 265, los afloramientos se encuentran al costado sur del camino (Figura 60).	
Valor Principal: Estructural/Geomorfológico		Valor Secundario: Petrológico
Justificación		
<p>Seleccionado en base su representatividad de un tipo específico de intrusión que marca un evento temporal con relación al CMAO. Complementario a lo anterior, cumple con el criterio de integridad, pues este afloramiento se encuentra muy bien preservado lo que permite apreciar el sector de muy buena manera.</p>		
Estado Actual		
<p>Se encuentran en espacio público, a orillas de la ruta 265. No cuenta con ningún tipo de protección.</p>		
Descripción		
<p>Este sitio corresponde a varios cuerpos intrusivos laminares y subverticales, denominados diques. Estos cuerpos tienen tamaños variables que varían entre los 1.5 a 11 m de espesor, y 8 a 10 m de altura (Figura 61, 62, 63 y 64). Estos cuerpo se encuentran a lo largo de la ruta 265 al SO de Puerto Guadal, emplazándose en el Complejo Metamórfico Andino Oriental (esquistos de cuarzo y moscovita)(De la Cruz y Suárez, 2006), presentando relaciones de contacto rectas y</p>		

nítidas (Figura 61 y 64).

Los diques ubicados en la cercanía de Puerto Guadal corresponden a cuerpos leucocráticos porfídicos (Granito de biotita) con un alto porcentaje de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y anfíbol (Anexo muestras). Estos afloramientos, como se mencionó antes, están intruyendo al CMAO con una orientación N-S (Figura 60, 61, 62 y 63; De la Cruz y Suárez, 2006). Esto se explica, pues la formación de los diques se debe a el ascenso de magmas a través de estructuras o fracturas en la corteza por las cuales el magma asciende atravesando capas superiores de roca. En este geosítio los diques estarían asociados a fallas extensionales activas durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior bajo, relacionadas al efecto que generó el periodo de rifting jurásico (De la Cruz y Suárez, 2006). En este caso, los diques leucocráticos (félsicos) atraviesan rocas metamórficas (CMAO), y de acuerdo a la relación de contacto previamente descritas, hace pensar que la intrusión fue en un régimen frágil.

Los valores obtenidos en dataciones K-Ar son de 151 ± 4 Ma, valores que son considerados como edad mínima, y fueron estimados a partir de las dataciones realizadas por De la Cruz y Suárez (2006) en afloramientos cercanos al geosítio. Basado en lo anterior, se le asigna una edad jurásica superior (JICA/MMAJ, 1992; De la Cruz y Suárez, 2006). Entonces, a partir de los estudios realizados en los diques, estos entregan valiosa información geocronológica cualitativa, que puede ser útil al para estimar una edad máxima para el CMAO, ya que indican un evento posterior al emplazamiento del CMAO.

Ilustraciones

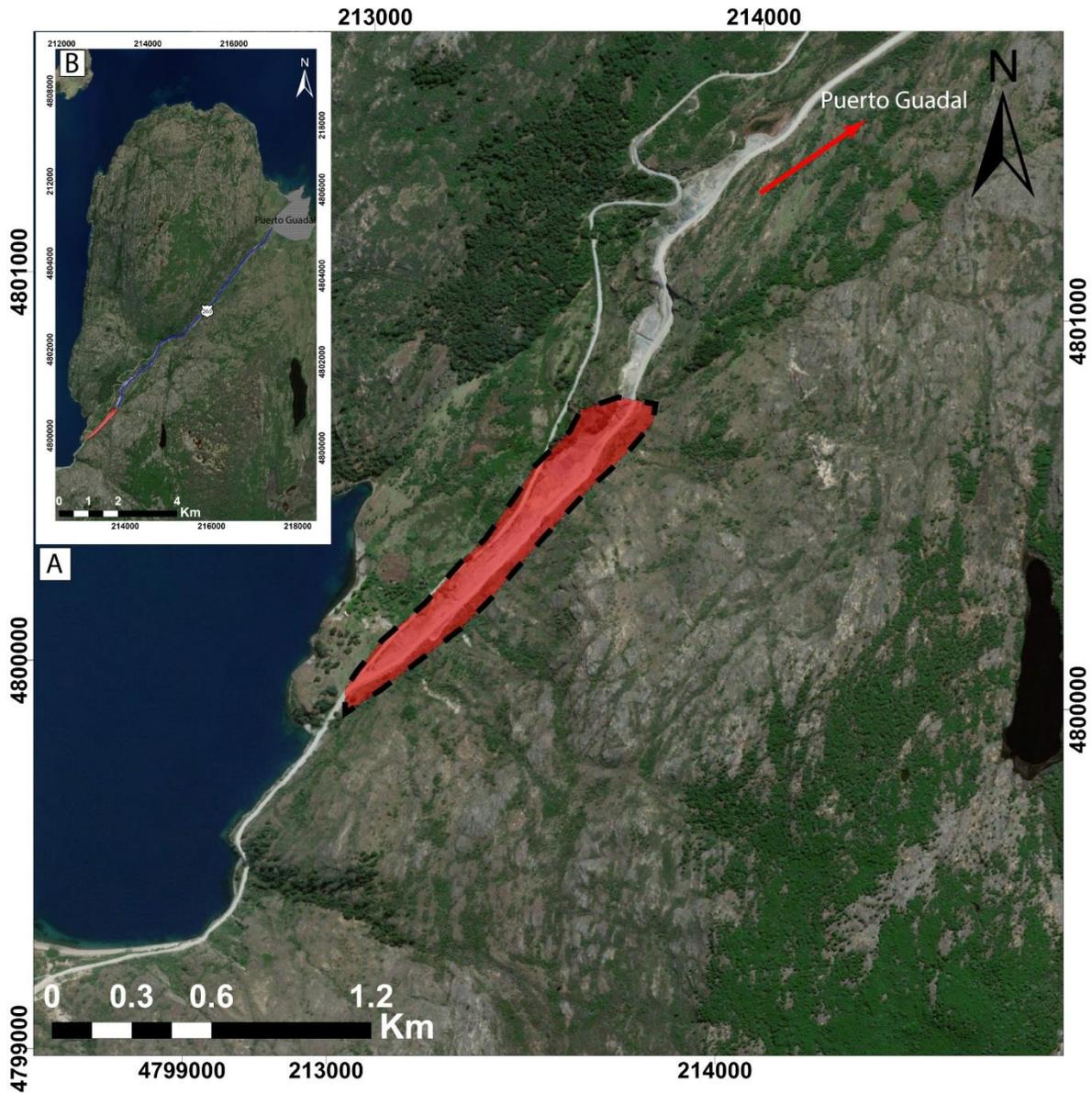


Figura 60: Mapa ubicación geosítio. A) El área roja representa la superficie propuesta para el geosítio en donde se pueden apreciar los cuerpos intrusivos. La flecha roja indica la dirección en la cual se encuentra la localidad de Puerto Guadal, a 6 km aproximadamente hacia el NE. B) Se observa la ubicación del geosítios respecto a Puerto Guadal.

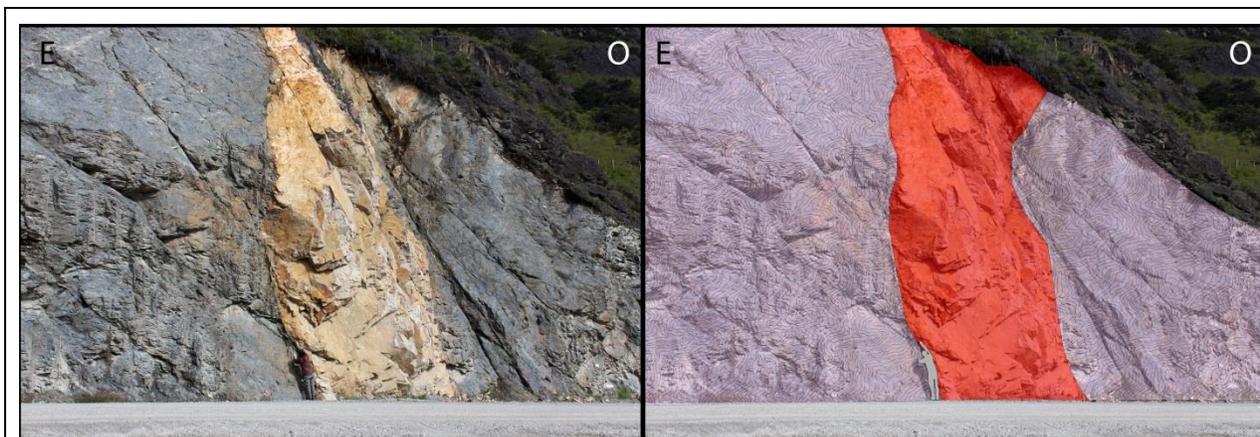


Figura 61: Vista hacia el sur desde el estacionamiento del primer dique que se observa viniendo desde el oeste. En la imagen de la derecha se diagrama el contacto recto entre el CMAO (rosado) y el cuerpo que intruye (rojo).

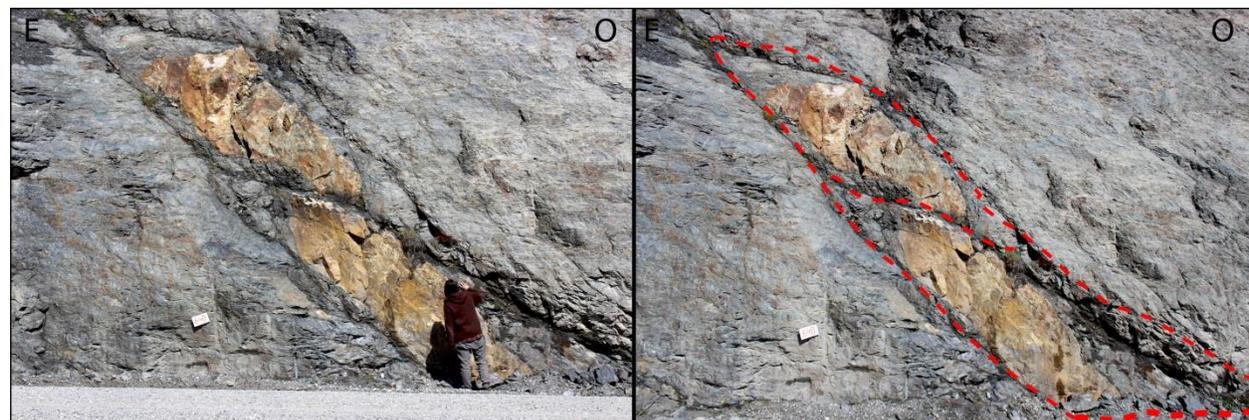


Figura 62: Vista hacia el sur desde el estacionamiento, donde se observa uno de los diques de menor tamaño en el afloramiento.

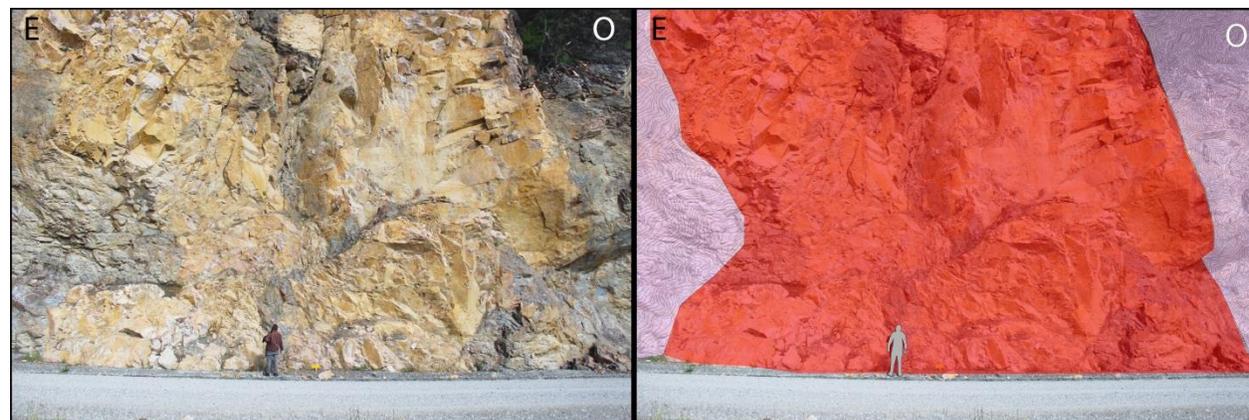


Figura 63: Vista hacia el sur desde el estacionamiento, donde se observa el dique de mayor tamaño, cercano a los 10 m de altura y 8 m de ancho.

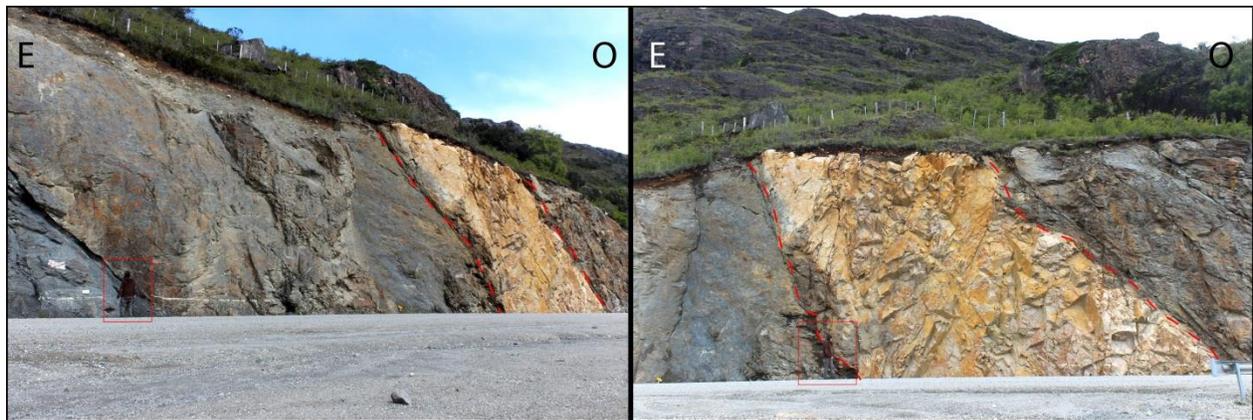


Figura 64: Vista hacia el sur. En ambas fotos se observan los contactos rectos entre el CMAO y el cuerpo intrusivo.

Referencias Bibliográficas

- De la Cruz, R; Suárez, M. 2006. Geología del área Puerto guadal - Puerto Sánchez, Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 95, 60p., 1 mapa escala 1:100.000.
- Japan International Cooperation Agency (JICA)-Metal Mining Agency Japan (MMAJ). 1992. Report on the investigation of mineral potential in the Lonquimay area and regions Los Lagos and Aysén, the Republic of Chile (Aysén Area). Informe (inedito), Japan International Cooperation Agency-Metal Mining Agency Japan, Fase 3, 190p, Santiago.

4.3.14 CONTACTO BASALTOS INFERIORES CHILE CHICO–FORMACIÓN LIGORIO MÁRQUEZ

Contacto Basaltos Inferiores Chile Chico–Formación Ligorio Márquez (N° 24)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
282500 E	4818244 S	1215
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	<p>Desde Chile Chico hay que dirigirse al sur por el camino X-753 (camino a Parque Nacional Jeinimeni) durante ~36 km (Figura 65). En este punto hay una bifurcación hacia la derecha (oeste), desde este punto son 3.5 km hasta la zona en donde se puede estacionar (camino rojo), hay que tener en cuenta que el camino se encuentra en muy mal estado por lo que el vehículo debe ser 4x4. Desde este punto hay que caminar 800 m aproximadamente (sendero verde).</p>	
Valor Principal: Petrológico		Valor Secundario: Paleontológico
Justificación		
<p>Este sitio fue seleccionado debido a que es muy fácil acceder y observar los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico además de tener una vista privilegiada del contacto entre la formación anterior mencionada y la Formación Ligorio Márquez.</p>		
Estado Actual		
<p>Actualmente el camino para acceder no presenta ninguna barrera, sin embargo se piensa que el geositio se encuentra en propiedad privada. Este geositio no presenta ningún tipo de medidas de</p>		

preservación.

Descripción

El geosítio corresponde a un grupo de afloramientos que es parte de la antigua faena de la mina Ligorio Márquez, los cuales corresponden a canteras de carbón. Afloramientos de ~30 m de ancho y ~6-10 m de alto (Figura 68). En este lugar se puede observar el contacto entre los depósitos volcánicos de los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico y los depósitos sedimentarios fluviales de la Formación Ligorio Márquez (Figura 66 y 67). En un contexto en donde predominan los depósitos generados por procesos gravitacionales (remociones en masa), principalmente bloques de roca y arcillas.

La geología del lugar corresponde a secuencias basálticas de la Meseta de Chile Chico, con una edad de 57-40 Ma (Charrier, 1979; Baker et al., 1981; Espinoza et al., 2003), formadas por numerosas coladas de basaltos alcalinos que se disponen en distintos sectores, en su mayoría, sobre ignimbritas y lavas ácidas del Jurásico Medio alto-Cretácico Inferior (Fm. Ibáñez; Suárez y De la Cruz, 2000).

Los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico sobreyacen en discordancia a la Formación Ligorio Márquez (De la Cruz y Suárez, 2008), la cual está conformada por areniscas de cuarzo (grano fino a muy grueso) con intercalaciones de conglomerados (grano muy fino a grueso), lutitas, niveles de lutitas carbonosas y carbón (De la Cruz y Suárez, 2008). Estas presentan un color blancuzco, con espesores de hasta 60 m, con una estratificación paralela y cruzada muy marcada (Figura 66 y 67), e intercalaciones de limolitas y areniscas de grano muy fino de color gris.

Este geosítio presenta la posibilidad de acceder de manera sencilla a los basaltos inferiores, los cuales son evidencias de un magmatismo relacionado a un adelgazamiento cortical, posiblemente asociado a la apertura de una slab window, producto de la subducción de la dorsal entre las placas oceánicas, Aluk y Farallon, bajo la placa continental Sudamericana. La apertura de la ventana astenosférica (slab window) bajo el sector del Lago General Carrera, habría producido un régimen extensivo en el continente, aumentaron probablemente los gradientes térmicos. Lo anterior, permitió el ascenso de material astenosférico a través de la apertura entre las dos placas (Figura 69), el cual ascendió de manera rápida llegando a superficie con mínimas evidencias de contaminación y/o diferenciación, y con valores similares al promedio de los basaltos alcalinos oceánicos y continentales (cerca de OIB) (Baker et al, 1981; Cande and Leslie, 1996; Kay et al, 2002; Espinoza, 2003; Espinoza y Morata, 2003; Espinoza et al, 2005).

Subyaciendo encontramos a la Formación Ligorio Márquez, la cual nos muestra sedimentos, interpretados como un ambiente depositacional de río trenzado, distales al origen (altos topográficos formados por rocas volcánicas de la Formación Ibáñez), ya que presentan buena selección y redondeamiento (De la Cruz y Suárez, 2008). Cabe destacar que esta formación presentaría los estadios iniciales de una cuenca de antepaís desarrollada posiblemente durante el Cenozoico.

Sin duda este geosítio permite una reconstrucción paleogeográfica de gran parte del área de estudio, esto debido a que los afloramientos se encuentran bien conservados y los contactos litológicos son claros entre las distintas formaciones mencionadas.

Ilustraciones

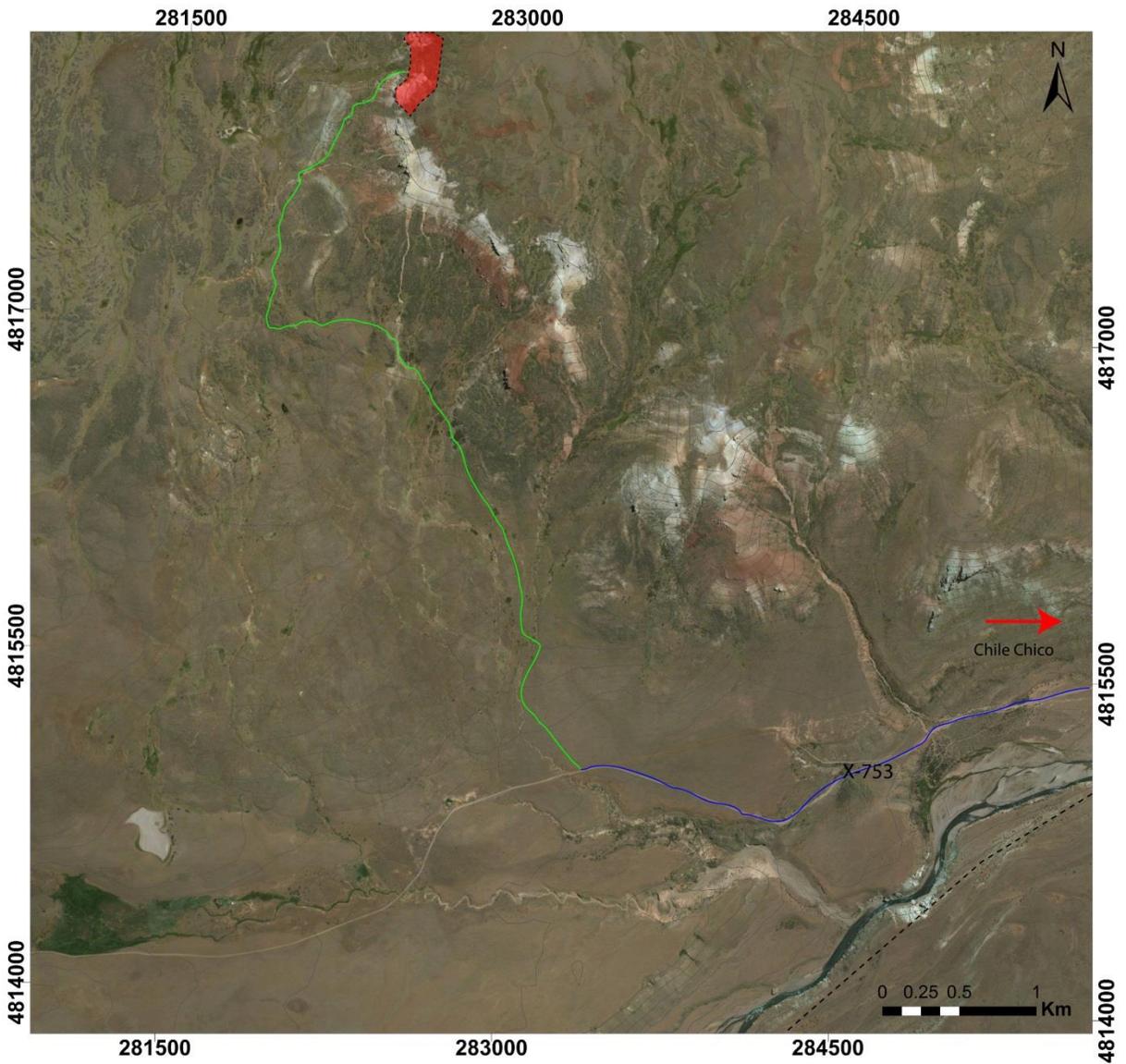


Figura 65: Mapa ubicación Mina Ligorio Márquez. En azul la ruta X-753, y en verde el camino solo apto para vehículos 4x4, el cual llega hasta la mina. Área roja corresponde al geosítio. La flecha roja indica la dirección en que se encuentra la localidad de Chile Chico, a 36 km aproximadamente.

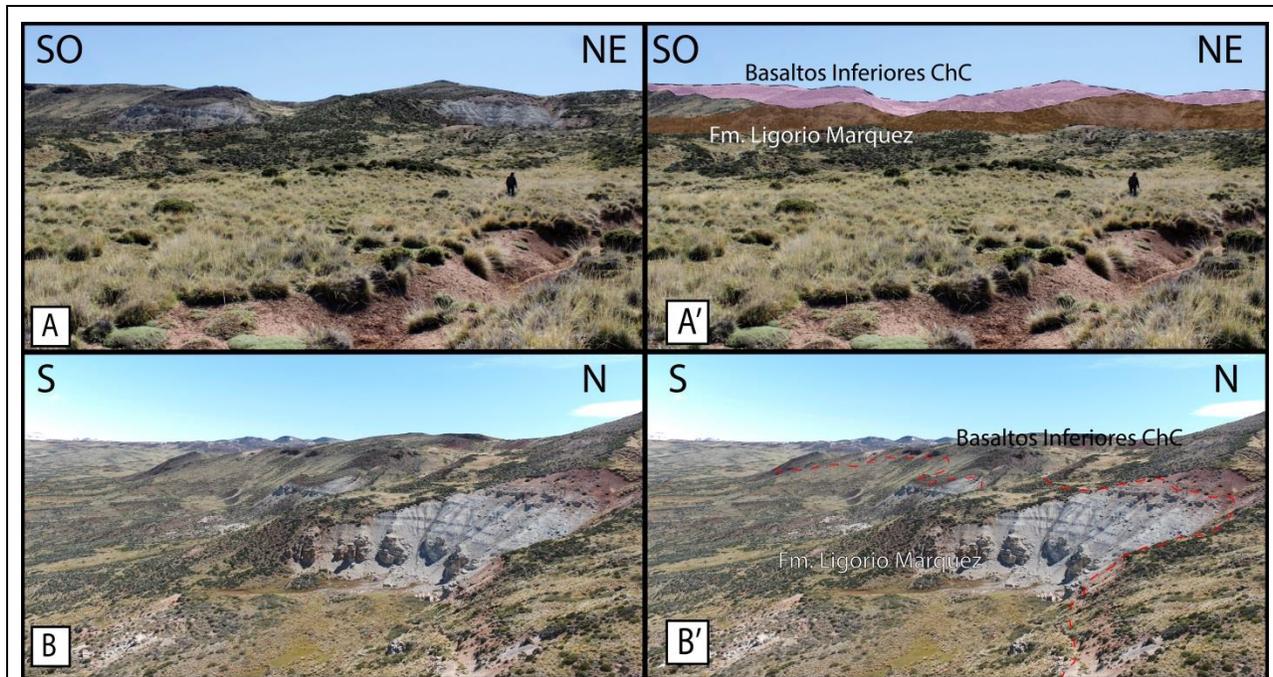


Figura 66: A) Vista hacia el NO del geositio, donde se observa el contacto entre ambas formaciones, la cual se especifica en A'. B) Vista hacia el este del contacto entre las formaciones. La fotografía fue tomada desde los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico. B') Diagrama que especifica el contacto entre ambas formaciones.

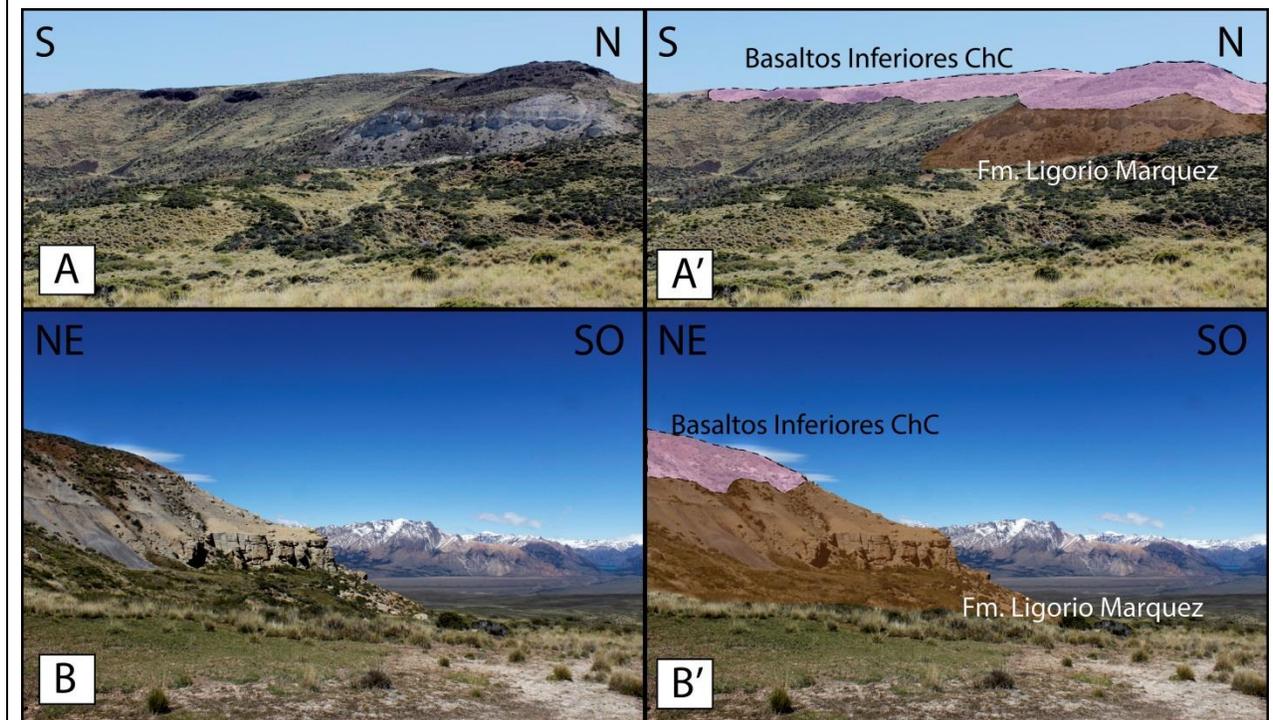


Figura 67: A) Vista hacia el este del afloramiento. Se observa la antigua mina y el contacto que se ejemplifica en A'. B) Vista hacia el SE en donde se observa el contacto entre ambas formaciones, explicitado en B'.



Figura 68: Vista hacia el norte de uno de los afloramientos de la formación Ligorio Márquez, en la cual se observa uno de los lentes de carbón presentes en el afloramiento. En la ilustración inferior se muestra un acercamiento al área encerrada en el rectángulo rojo en la imagen superior.

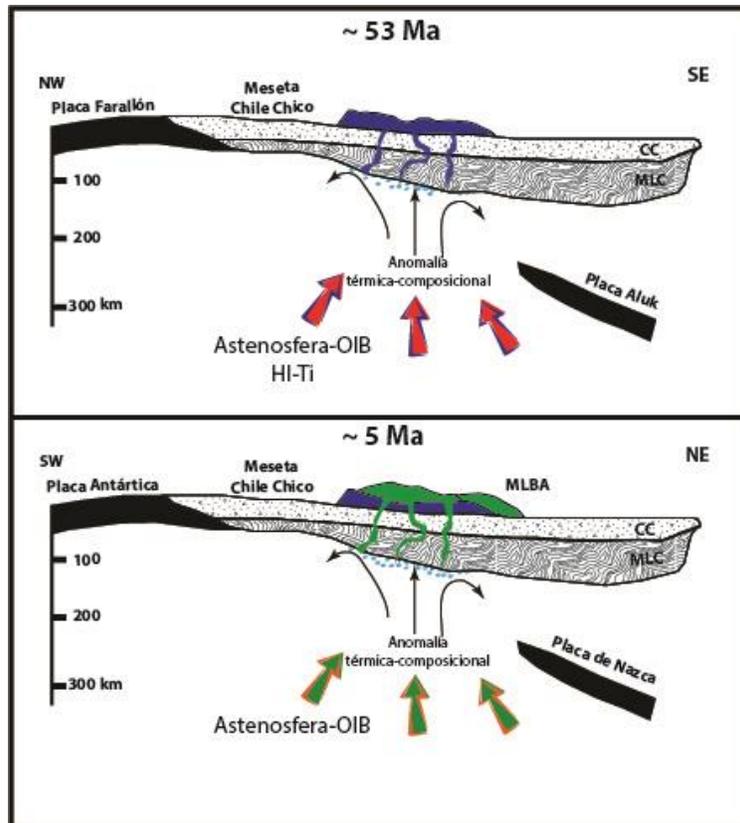


Figura 69: Diagrama de la ventana astenosférica (slab window). La imagen superior corresponde a la subducción del ridge entre las placas Farallon y Aluk, y la imagen inferior corresponde al ridge de Chile entre las placas Antártica y Nazca (Extraído y modificado de Espinoza, 2003).

Referencias Bibliográficas

- Baker, P.E.; Rea, W.J.; Skarmeta, J.; Caminos, R.; Rex, D.C., 1981. Igneous history of the Andean Cordillera and Patagonian Plateau around latitude 46°S. Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A, 303, pp. 105-149.
- Cande, S.C., Leslie, R.B., 1986. Late Cenozoic tectonics of the southern Chile Trench. J. Geophys. Res. 91, 471– 496.
- De la Cruz, R; Suárez, M. 2008. Geología del área Chile Chico - Río de las Nieves, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 112, 1 mapa escala 1:100.000(112).
- Espinoza, F y Morata, D., 2003. Xenolitos mantelicos incluidos en Cerro Lápez, Meseta Chile Chico, XI Región de Aysén, Chile. Congreso Geológico Chileno, No. 10. Concepción.
- Espinoza, F., 2003. Petrología y Geoquímica de los Basaltos Cenozoicos de la meseta Chile Chico, 46°35'–46°47'S–71°46'–72°02'W, XI Región de Aysén, Chile. Memoria de Título y Tesis de Magister M. Sc.(inedito), Universidad de Chile, Departamento de Geología.

- Kay, S.; Ramos, V.; Gorring, M., 2002. Geochemistry of Eocene Plateau Basalts Related to Ridge Collision in Southern Patagonia. Actas del XV Congreso Geológico Argentino, El Calafate.
- Kay, S.; Gorring, M.; Ramos, V., 2004. Magmatic sources, settings and causes of Eocene to Recent Patagonian plateau magmatism (36°S to 52° S). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 59 (4): 556-568.

4.3.15 CONTACTO COMPLEJO PLUTÓNICO PASO LAS LLAVES–FORMACIÓN IBÁÑEZ

Contacto Complejo Plutónico Paso Las Llaves–Formación Ibáñez (N° 26)		
Coordenadas (UTM)		Altura (msnm)
703057 E	4833718 S	398
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	Si se viene desde la ciudad de Chile Chico, este geosítio se encuentra a 56 km de distancia por la ruta 265 hacia el oeste. El afloramiento se encuentra a lo largo del camino (Figura 70).	
Valor Principal: Petrológico		Valor Secundario: Escénico/Mineralógico
Justificación		
<p>El sitio fue escogido por ser el único lugar donde se observan, y es posible acceder de manera sencilla, a los contactos entre la Formación Ibáñez y el Complejo Plutónico Paso Las Llaves (CPPLL). Además, es posible encontrar minerales muy bien cristalizados en las cavidades miarolíticas</p>		
Estado Actual		
<p>Actualmente se encuentra en terrenos público, a un costado de la ruta 265, en el reconocido Paso Las Llaves. No presenta ningún tipo de protección legal. Su estado de preservación es relativo, pues existen múltiples puntos donde se puede observar el contacto entre las formaciones, sin embargo el afloramiento a orilla de camino está bien preservado (Vargas y Hervé, 1995).</p>		

Descripción

El geositio es parte de la evidencia de la actividad intrusiva durante el Cenozoico, la cual fue restringida a algunos cuerpos plutónicos pequeños del Mioceno. En el caso de este sitio corresponde a un cuerpo satélite del Batolito Norpatagónico, que intruye a rocas volcánicas de la Formación Ibáñez. Este grupo de afloramientos discontinuos a lo largo de la ruta 265, dan cuenta de cada una de las litologías (rocas plutónicas y rocas volcánicas), y el contacto entre estas. La extensión aproximada de este geositio es de 1.8 km a lo largo del camino, zona donde es accesible, y se presentan de mejor manera las características propias del lugar (Figura 71, 74-A, 74-B).

El tipo petrográfico predominante en las zonas aledañas al camino (ruta 265) corresponde a granodioritas y dioritas, de biotita y anfíbola, faneríticas, inequigranulares, con cristales de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita, anfíbola y clinopiroxeno, alterados levemente a tremolita y clorita (De la Cruz y Suárez, 2006). Presenta pegmatitas graníticas con cavidades miarolíticas, y una variación petrográfica desde gabro a granodiorita (Vargas y Hervé, 1995). Este cuerpo intrusivo está emplazado en secuencias volcánicas de la Formación Ibáñez, y los contactos entre ellos son abruptos (Figura 72, 73 y 74-A'), mientras que entre los distintos tipos petrográficos son graduales (Vargas y Hervé, 1995). De la Cruz y Suárez (2006) obtuvieron una edad de $10 \pm 1,1$ Ma (K-Ar, en biotita secundaria), la cual coincide con las edades obtenidas por Pankhurst et al (1999), y Petford y Turner (1996), con $10,3 \pm 0,4$ Ma y $9,6 \pm 0,5$ Ma respectivamente.

Estudios (Vargas y Hervé, 1994; Thompson et al, 2001) de microscopía y geotermobarometría en hornblendas, sugieren un emplazamiento cercano a la superficie, a una profundidad de ~3 km. Además señalan que este cuerpo sufrió un enfriamiento muy rápido, desde temperaturas de ~700°C a ~280±30°C en un periodo de 1 Ma. Este fenómeno podría ser asociado a una exhumación rápida, debido a un alzamiento tectónico, asociado a fallas inversas del Mioceno Inferior alto observadas en la Formación Santa Cruz (Vargas y Hervé, 1994).

Otro aspecto interesante de este geositio, es la continuidad litológica que presenta hacia el este, correlacionándose con la Monzonita Cuarcífera Avilés (De la Cruz y Suárez, 2008), y además presentan la misma edad (De la Cruz y Suárez, 2006).

Ilustraciones

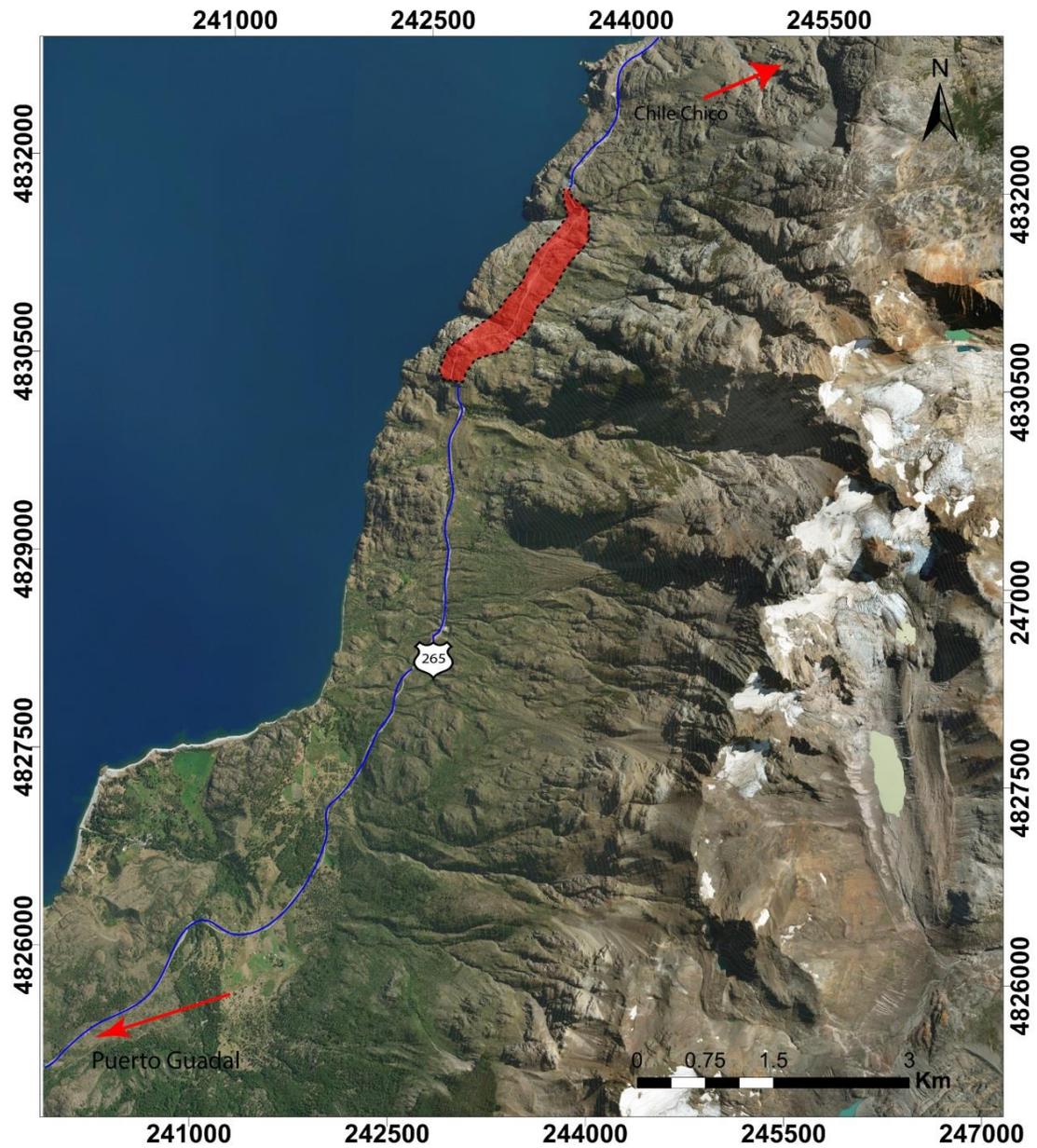


Figura 70: Mapa de ubicación del geosítio. El área roja corresponde al geosítio, en el cual se encuentran los afloramientos accesibles desde el camino. Las flechas rojas indican la dirección en la cual se encuentra la localidad de Puerto Guadal (oeste) y Chile Chico (este), a 42 km y 56 km respectivamente.



Figura 71: Vista panorámica del intrusivo Paso Las Llaves, se puede apreciar la belleza escénica que posee este lugar (Foto tomada desde la ruta 265).

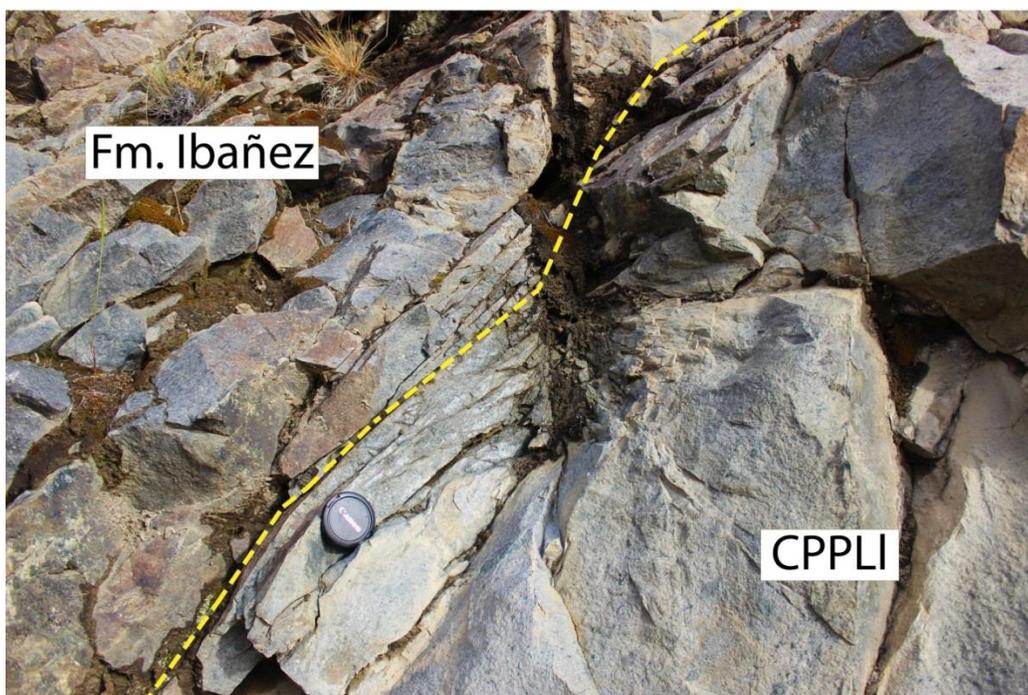


Figura 72: Afloramiento en cual se observa el contacto entre las litologías, Complejo Plutónico Paso Las Llaves (granodioritas) y Fm. Ibañez (secuencias volcánicas).

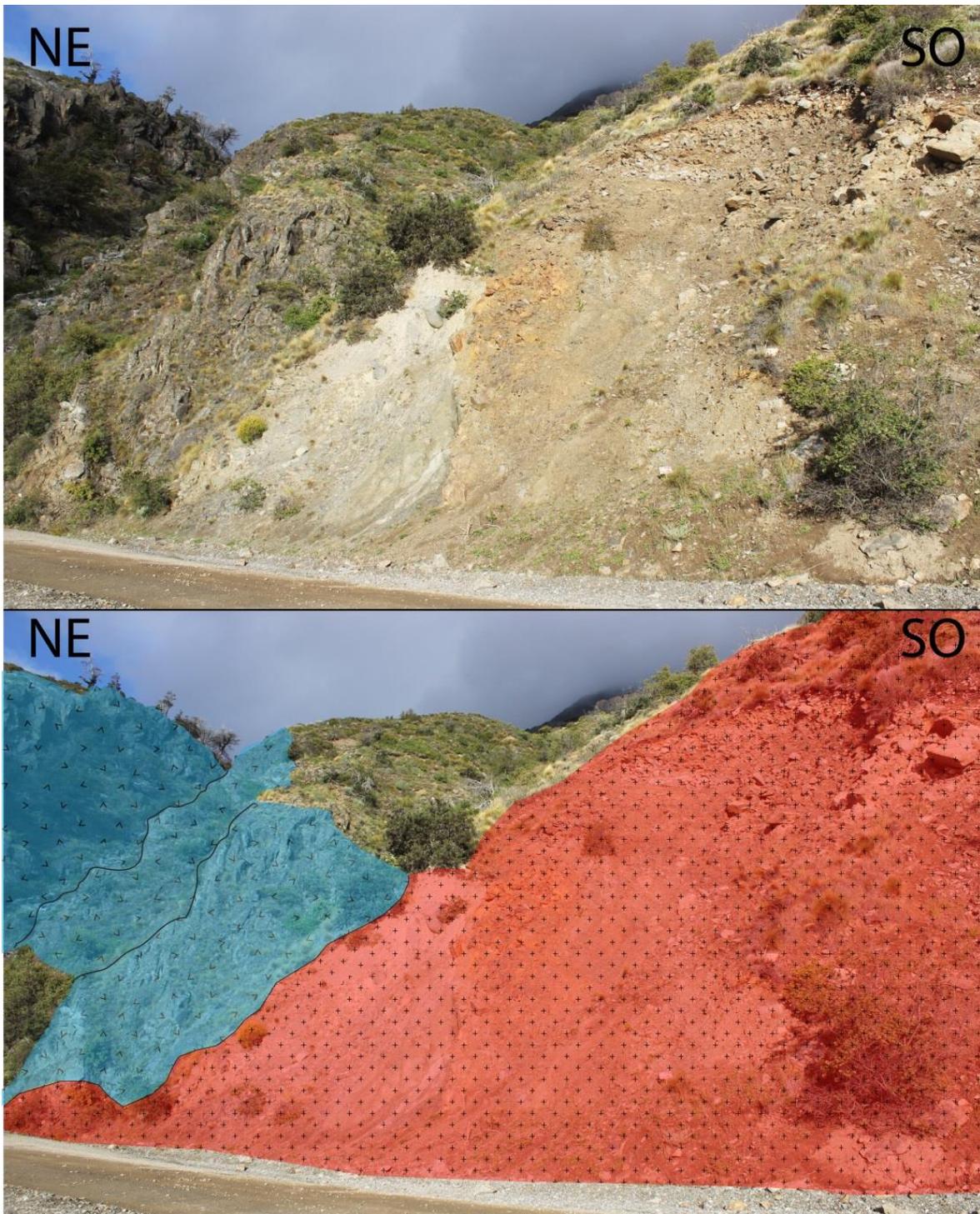


Figura 73: Punto de observación del contacto entre la Formación Ibáñez (azul) y el Complejo Plutónico Paso de Las Llaves.

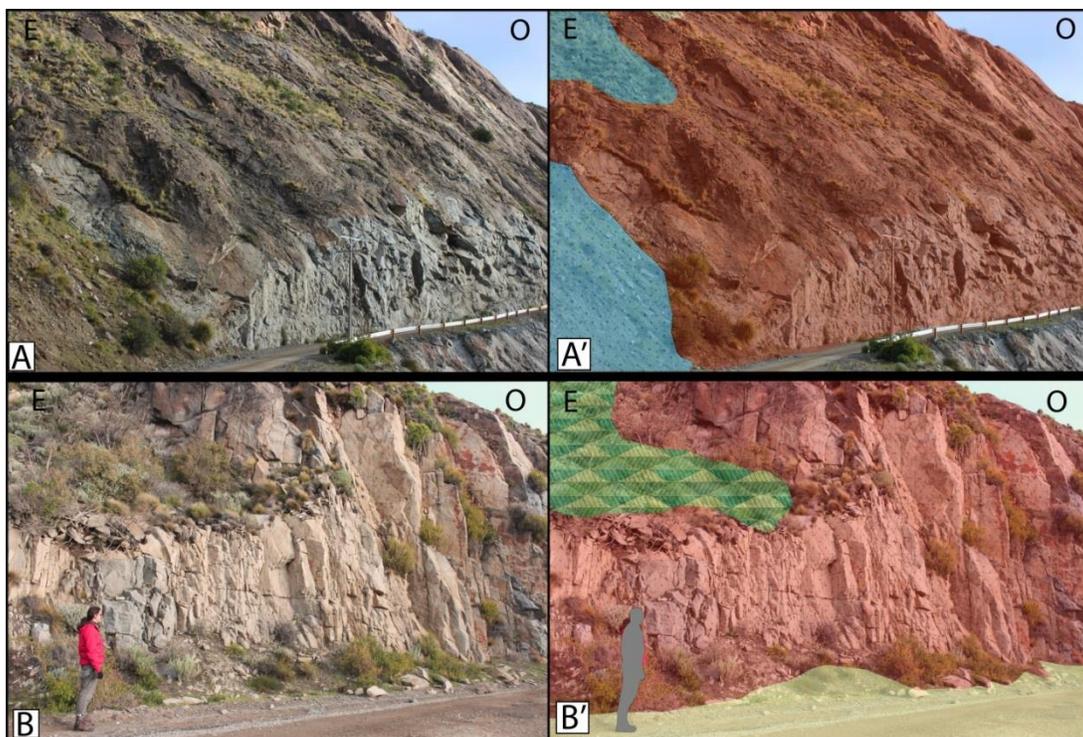


Figura 74: En la figura A se observa el contacto entre las formaciones, el cual es especificado en A' (Fm. Ibáñez de color azul y Complejo Plutónico Paso Las Llaves de color rojo). En B se observa uno de los afloramientos de fácil accesibilidad. El cual se encuentra a orilla de camino en la ruta 265. B' se especifica las rocas correspondientes al Complejo Plutónico Paso Las Llaves (rojo), ruta 265 amarillo y en tonalidades verdes la vegetación que cubre parte del afloramiento.

Referencias Bibliográficas

- De la Cruz, R y Suárez, M. 2006. Geología del área Puerto Guadal - Puerto Sánchez, Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 95, 60p., 1 mapa escala 1:100.000.
- De la Cruz, R. y Suárez, M. 2008. Geología del área Chile Chico - Río de las Nieves, región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 112, 1 mapa escala 1:100.000(112).
- Espinoza, F., Morata, D., Pelleter, E., Maury, R. C., Suárez, M., Lagabriele, Y., ... y Guivel, C. 2005. Petrogenesis of the Eocene and Mio-Pliocene alkaline basaltic magmatism in Meseta Chile Chico, southern Patagonia, Chile: Evidence for the participation of two slab windows. *Lithos*, 82(3), 315-343.
- Vargas, G. y Hervé, F. 1994. Mineralogía y condiciones de formación de las cavidades mirolíticas en el stock del Paso las Llaves, Aysén. Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas 2, (p.1259-1263). Concepción.
- Vargas, G. y Hervé, F. 1995. Emplazamiento hipabisal Mioceno Tardío del stock de Paso de Las Llaves en la región de tras arco, Aysén. Revista Comunicaciones N°46, p. 3-15.

4.3.16 CERRO COLORADO O CERRO APIDAME

Cerro Colorado o Cerro Apidame (N° 27)		
Coordenadas (UTM)		Altura (m.s.n.m)
287677 E	4831484 S	1465
Comuna	Chile Chico	
Provincia	General Carrera	
Región	Aysén	
Acceso	<p>Desde Chile Chico hay que recorrer ~8 km por el camino X-753 (camino a Reserva Nacional Lago Jeinimeni). En este punto se debe doblar hacia la izquierda, cruzar un portón de madera y luego continuar por el camino que dirige hasta una pequeña casa, en la cual hay que solicitar autorización. Desde este punto solo se puede ingresar a pie, para lo cual existe un sendero poco claro. Sin embargo el geosítio se divisa a lo lejos, por lo que se debe seguir esa orientación y en lo posible mantenerse cerca del estero las Horquetas. Esta caminata es de aproximadamente 3-4 horas hasta la base del afloramiento, recorriendo cerca de 6 km (Figura 75).</p>	
Valor Principal: Geomorfológico/Petrológico		Valor Secundario: Escénico
<p>Justificación</p> <p>El geosítio fue seleccionado en base a los siguientes criterios: Integridad, debido a que el estado de conservación del geosítio es muy bueno considerando los afloramientos próximos afectados por procesos naturales de erosión; Representatividad, ya que el sitio consiste en un característico afloramiento de lavas columnares; Rareza, debido a lo poco habitual a nivel nacional y mundial (Figura 76 y 77) de un afloramientos con estas características y dimensiones (~200 m de altura).</p>		

Estado Actual

El Cerro Colorado es parte de la Reserva Nacional Lago Jeinimeni, por lo cual se encuentra resguardado por la ley 18.362 o Ley del Sistema General de Áreas Silvestres protegidas. Pero para acceder se deben cruzar predios privados, por lo que pedir autorización es necesario.

Por otra parte el geosítio es utilizado actualmente para la práctica de escalada, siendo un lugar con gran potencial para el desarrollo de esta actividad deportiva.

Descripción

El Cerro Apidame, Colorado y/o Pirámide, está ubicado al SO de Chile Chico, en los límites de la Reserva Natural Lago Jeinimeni. Desde lo lejos se observa su particular forma “piramidal” de color café ladrillo que destaca por sobre los afloramientos vecinos. A medida que uno se aproxima, la morfología característica de este geosítio se hace presente, diaclasas que recorren el afloramiento de piso a techo se hacen cada vez más nítidas, una vez en la base del afloramiento, se observan imponentes columnas hexagonales y pentagonales de hasta 200 m de alto y, 1-1.5 m de diámetro que se elevan desde el piso (Figura 76, 77, 78 y 79).

Este cuerpo volcánico intruye a los depósitos de ignimbritas riolíticas pertenecientes a la Formación Ibáñez (Figura 77 y 80), y también a limonitas, areniscas, coquinas y brechas de la Formación Toqui. La primera es evidencia del volcanismo ácido del Jurásico, y la segunda de las transgresiones marinas del Cretácico.

Descrito por primera vez por Heim (1940) como un cuello o conducto volcánico, generado aparentemente por dos intrusiones andesíticas consecuentes, que muestra diaclasamiento columnar en toda su extensión. De la Cruz y Suárez (2008) también describieron el afloramiento como un cuello volcánico, y lo incluyeron en la unidad denominada “Basaltos Pico Sur”, debido a que presentan litologías similares. Sin embargo, El Cerro Colorado corresponde específicamente a una andesita de hornblenda (Anexo 2) y no un basalto. Por otra parte, presenta una edad de 5.3 ± 0.4 Ma (Plioceno), lo cual también coincide con otros afloramientos de la unidad “Basaltos Pico Sur”.

Una de las características por la cual destaca este geosítio, son sus imponentes columnas subverticales que son observables en todo el cuerpo volcánico (Figura 77 y 80). La formación de estas columnas corresponde a un proceso bastante singular en la naturaleza, denominado disyunción o fracturamiento columnar, el cual debe su génesis a eventos sucesivos de fracturamiento causados por el enfriamiento de la roca (estrés generado cuando la contracción térmica excede la resistencia a la deformación de la roca). Específicamente, el proceso se lleva a cabo cuando el magma que ha ascendido hasta la superficie o se ha emplazado a poca profundidad, comienza a enfriarse. Puesto que el proceso de enfriamiento es paulatino se generan gradientes de temperatura, donde por lo general las partes superiores están más frías que las inferiores. Entonces debido al enfriamiento, la lava se contrae, lo que produce que se fracture. Entonces si la tensión por enfriamiento es igual en todas las direcciones, el patrón de diaclasamiento será hexagonal (Figura 78); sin embargo si esta tensión no es igual en todas las

direcciones se pueden formar otros patrones poligonales, comúnmente pueden ser pentágonos, hexágonos o heptágonos. La forma de diaclasamiento, se propaga hacia abajo a medida que el cuerpo ígneo se enfría, lo que genera las tradicionales, largas y poligonales columnas. Conjuntamente pueden presentar distintos tamaños a lo ancho, lo que dependerá casi exclusivamente de la tasa de enfriamientos, es decir mayor diámetro de columnas, menor es la tasa de enfriamiento (Hofmann et al, 2015).

A partir de lo mencionado previamente, el Cerro Apidame o Cerro Colorado, descrito como un cuello volcánico (Heim, 1940; Lagabrielle, 2007; De la Cruz y Suárez, 2008), con columnas pentagonales subverticales de hasta 200 m de longitud, y hasta 1.5 m de diámetro (Figura 77, 78 y 79), podrían indicar que el geositio tuvo una tasa de enfriamiento relativamente rápida, ya que presenta columnas muy bien formadas y pentagonales (Figura 78; Toramaru, A. y Matsumoto, T., 2004.). Con respecto al diámetro de las columnas, este disminuye de base a techo, lo que también indicaría una mayor tasa de enfriamiento en las partes superiores del cuello volcánico, de acuerdo a lo descrito previamente. Otro punto interesante de este geositio, es el como “apareció” en superficie, pues como se mencionó previamente este se habría formado bajo la superficie, a una profundidades someras. Una de las hipótesis que propone el autor de este trabajo para la exhumación del Cerro Apidame posterior a su formación (intrusión de magma en ignimbritas riolíticas de la Formación Ibáñez, enfriándose bajo superficie a profundidades someras), es debido a procesos de erosión diferencial que dejaron al Cerro Apidame expuesto en superficie, esto ya que, posiblemente las ignimbritas son menos competentes que la andesita basáltica que conforma el Cerro Apidame, lo cual permitió una erosión mucho mayor de las ignimbritas que rodean al geositio, permitiendo que este último este expuesto en superficie (Figura 77 y 80).

Ilustraciones

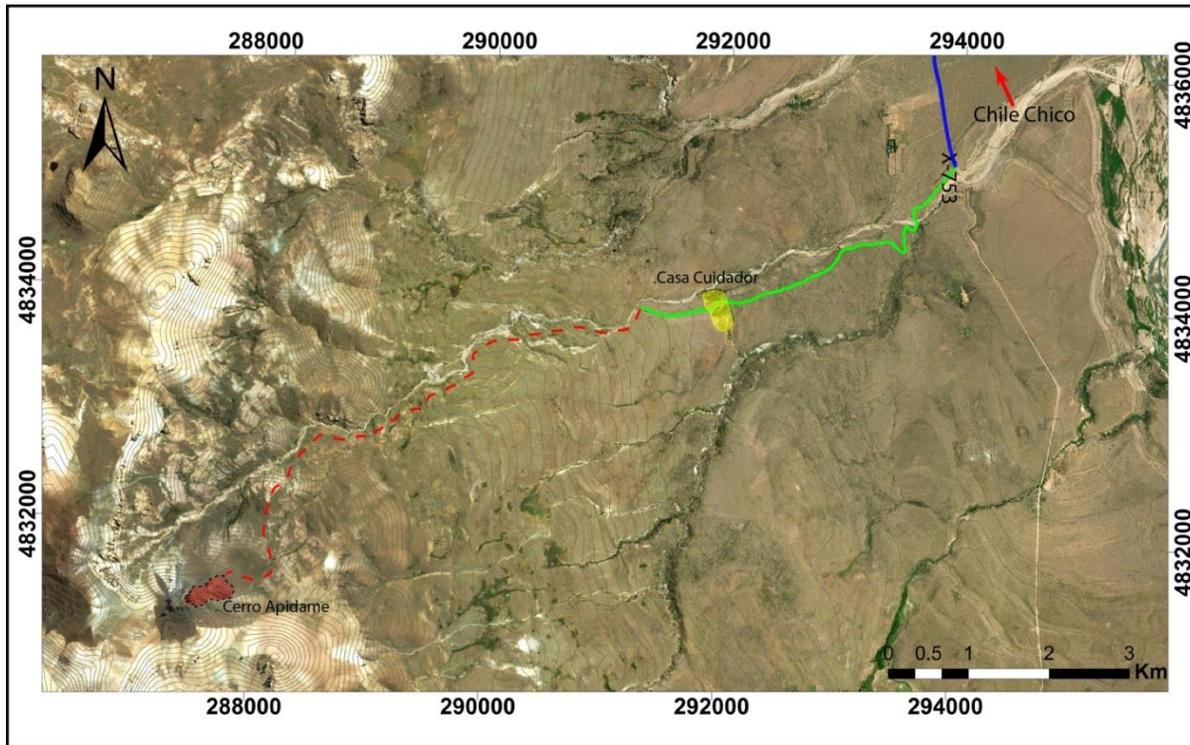


Figura 75: Mapa ubicación Cerro Colorado. En azul el camino X-753, en verde el camino privado y en rojo punteado el sendero hasta el geosítio. Además, la flecha roja indica la dirección en la cual se encuentra Chile Chico, a 8 km aproximadamente.

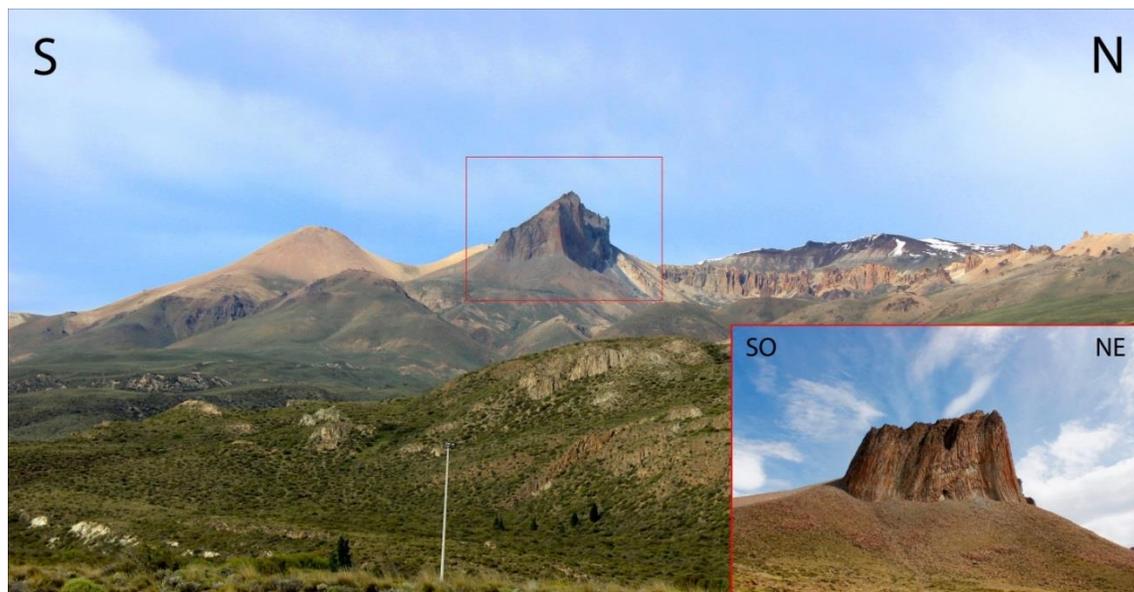


Figura 76: Vista hacia el oeste desde la ruta X-753, donde se observa el Cerro Colorado encerrado en un rectángulo rojo. En el recuadro inferior derecho se puede ver el afloramiento a una distancia de 300 m.

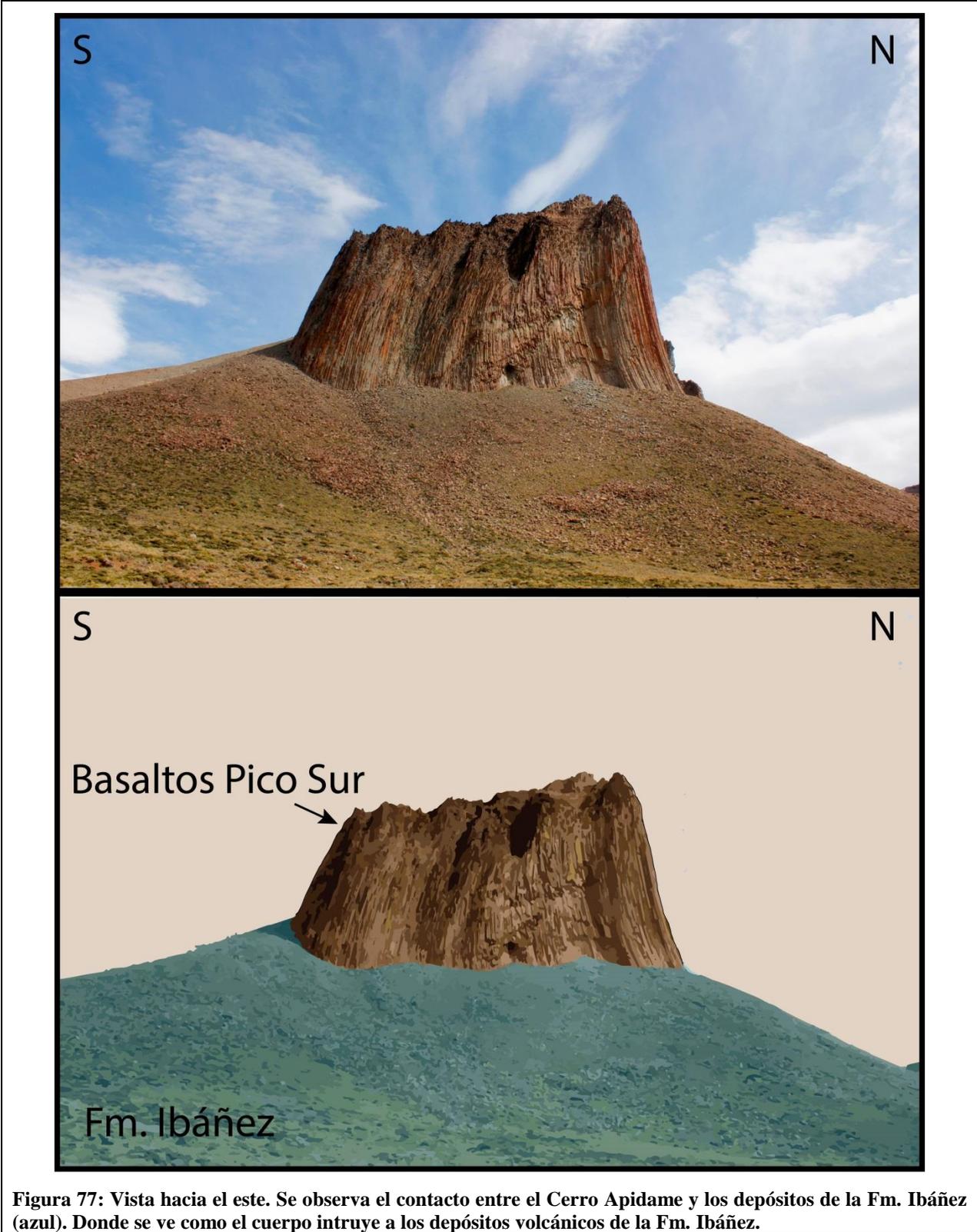


Figura 77: Vista hacia el este. Se observa el contacto entre el Cerro Apidame y los depósitos de la Fm. Ibáñez (azul). Donde se ve como el cuerpo intruye a los depósitos volcánicos de la Fm. Ibáñez.

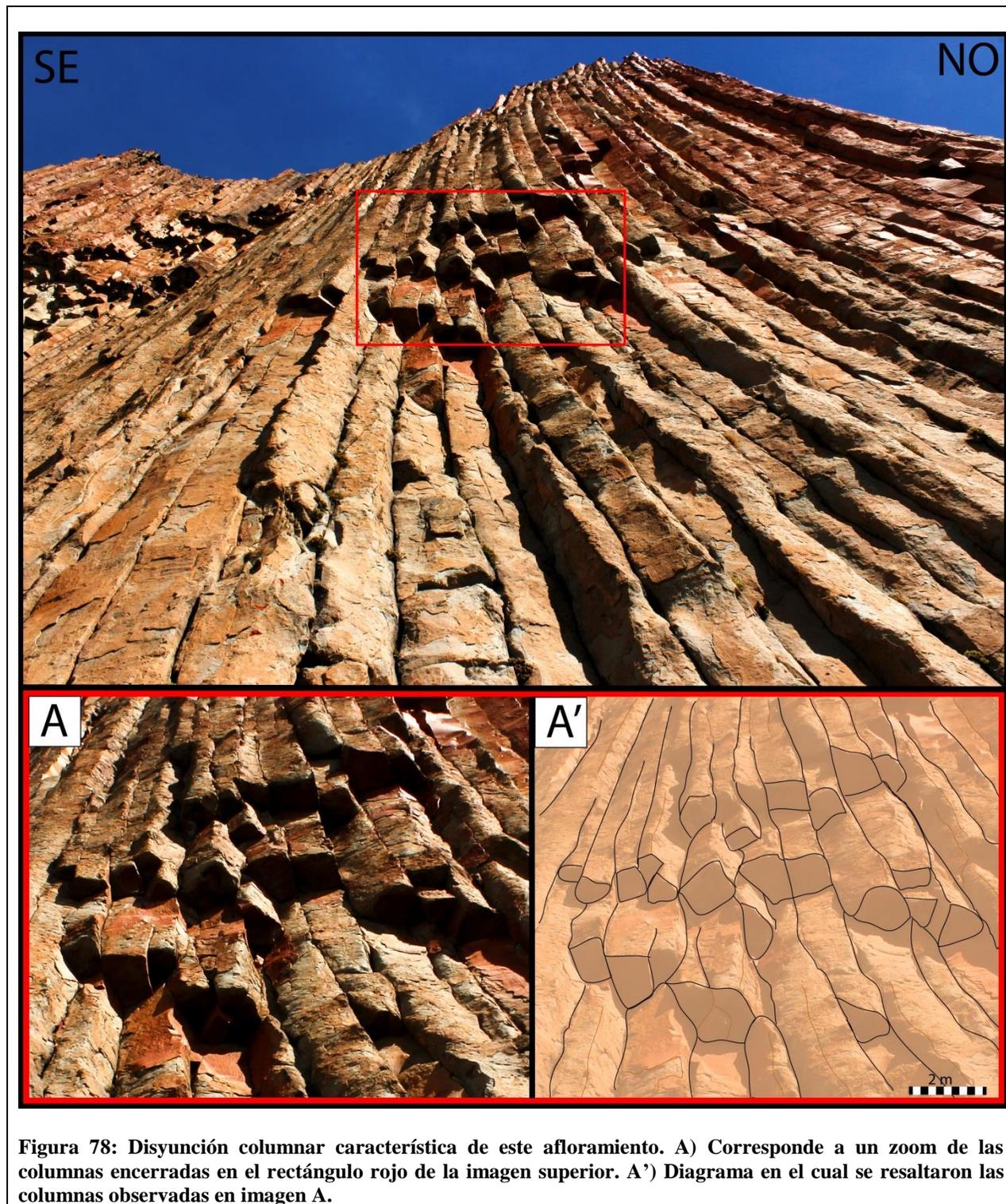


Figura 78: Disyunción columnar característica de este afloramiento. A) Corresponde a un zoom de las columnas encerradas en el rectángulo rojo de la imagen superior. A') Diagrama en el cual se resaltaron las columnas observadas en imagen A.

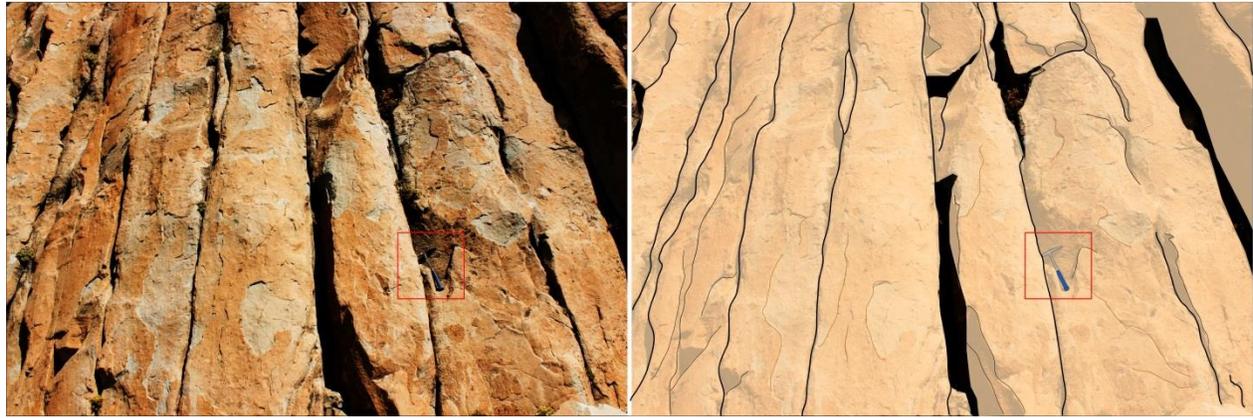


Figura 79: Columnas formadas por diaclasamiento, que son características de este afloramiento, con tamaños entre 1-1,5 m. Se observa martillo geológico de 40 cm como escala (encerrado en el rectángulo rojo).

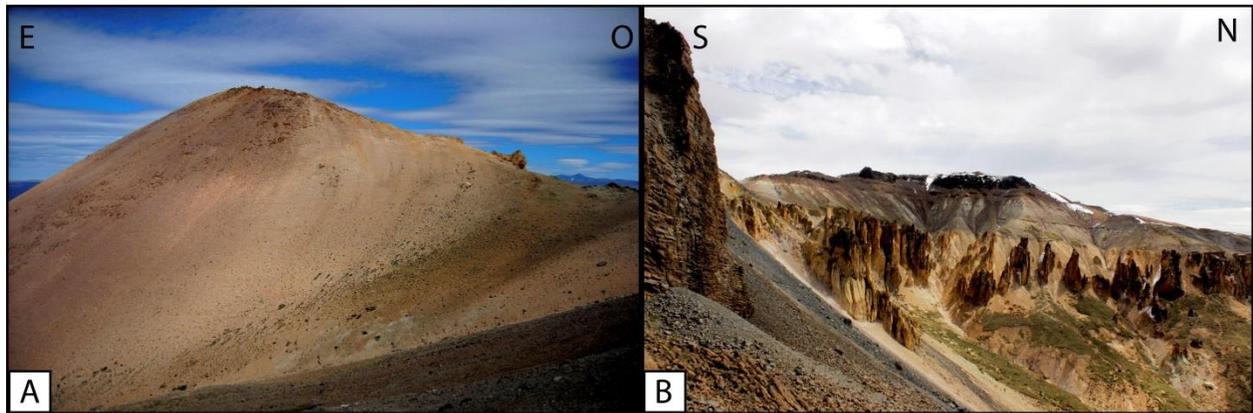


Figura 80: A) Vista hacia el sur desde el geosítio. B) Vista hacia el NE desde el geosítio, en donde se observa en la parte superior los Basaltos Superiores de la Meseta de Chile Chico.

Referencias Bibliográficas

- Charrier, Reynaldo; Linares, E; Niemeyer, Hans; Skarmeta, J. 1979. K-Ar ages of basalt flows of the Meseta Buenos Aires in southern Chile and their relation to the southeast Pacific triple junction. *Geology* 7. 436-439.
- Heim, Arnold. 1940. Geological observations in the Patagonian Cordillera (Preliminary Report). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, Vol. 33, p. 25-51. Traducción in *Boletín Minero*, Vol. 54, No. 507.646-649.
- Lagabrielle, Y; Suárez, M; Malavieille, J; Morata, D; Espinoza, F; Maury, R; Scalabrino, B; Barbero, L; De la Cruz, R; Rossello, E; Bellon, H. 2007. Pliocene extensional tectonics in the Eastern Central Patagonian Cordillera: geochronological constraints and new field evidence. *Terra Nova* Vol 19, No. 6, 413-424.
- Muñoz et al. (2000) argued that ~ 29 to 19 Ma lava flows to the west in Chile (38°S to 43°S) were related to extensional lithospheric thinning. This event was attributed to asthenospheric upwelling in a slab window that formed in response to changes in

subduction zone geometry and that also produced the Somuncura magmas.

5. VALORACIÓN GEOSITIOS

Los geositios son valorados tanto cualitativamente (Fichas), como cuantitativamente. Esta última debido a que permite una rápida y clara clasificación. Los criterios a evaluar corresponden a: Potencial de uso Científico, Turístico y de Riesgo de Degradación. La metodología de evaluación cuantitativa utilizada en este trabajo, es la propuesta por Andrade (en preparación), la cual se basó en García-Cortes et al. (2014) y Brilha (2015). Esta metodología se consideró adecuada, pues: i) Andrade (en preparación), en el marco del programa “transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la región de Aysén”, realizó el estudio de los Valles Exploradores y Leones en la cuenca del LGC, por lo que utilizar el mismo método permite unificar criterios y sistematizar el proceso de inventario de geositios en la Región de Aysén, ii) Los criterios son los usados con mayor frecuencia, y iii) El riesgo de degradación permite definir elementos de protección para los geositios.

5.1 VALORACIÓN CUANTITATIVA

Entonces para llevar a cabo la valoración cuantitativa: Se evalúan a partir de 18 parámetros cada uno de los potenciales usos y el riesgo de degradación (Tabla 2); para cada uno de las cuantificaciones se presentan tres indicadores que expresan las diferentes situaciones por cada parámetro; finalmente cada una de estas alternativas se le asigna un puntaje numérico de 1, 5 y 10 (Tabla 4).

Tabla 2: Parámetros evaluación cuantitativa.

N°	Parámetro	Descripción
1	Representatividad	Muestra que tan apropiado es el lugar de interés geológico para ilustrar un elemento, proceso o característica geológica, que contribuya al entendimiento de un tema determinado de la geología en el área, procesos o característica específica de la zona de estudio.
2	Rareza	Considera el número de lugares de interés geológico en el área de estudio que presentan características, elementos o procesos geológicos similares.
3	Contenido Científico	Se basa en la cantidad de publicaciones científicas sobre el lugar de interés geológico, y la relevancia de estas. Informando el grado de interés geológico del geositio.

4	Integridad	Se refiere al presente estado de conservación del lugar de interés geológico, considerando los procesos naturales y antrópicos
5	Localidad Tipo	Refleja el grado de preservación de las características de interés del geositio.
6	Diversidad Geológica	Refleja la cantidad de elementos de interés geológicos en el entorno del geositio.
7	Limitaciones de uso	La existencia de obstáculos (físicos o legales) que dificulten el uso regular de los geositios (científico, turístico).
8	Condiciones de Observación	Refleja el grado de facilidad que presenta el entorno para la adecuada observación del geositio.
9	Accesibilidad	Informa el grado de dificultad para acceder al geositio.
10	Valoración Estética	Estima la opinión de la colectividad sobre la belleza estética del geositio.
11	Seguridad	Refleja el grado de riesgo o peligros que presenta la observación del geositio.
12	Potencial Recreativo	Potencial turístico del geositio, asociado a la cercanía de zonas de interés ecoturísticas.
13	Uso Actual	Refleja el uso (científico y turístico) que se le asigna por la sociedad en general.
14	Vulnerabilidad	Representa la vulnerabilidad del geositio frente a un potencial uso humano no industrial.

15	Protección Legal	Indica el régimen legal de la propiedad del terreno en que se localiza el geosítio.
16	Fragilidad Intrínseca	Refleja la fragilidad del geosítio frente a los procesos naturales no antrópicos (Meteorización, etc.) presentes en el área de estudio.
17	Potencial Didáctico	Refleja el potencial del geosítio para ser usado en la enseñanza de las ciencias de la Tierra y/o mostrar la importancia y utilidad de la geodiversidad.
18	Interés para la industria	Refleja el actual o futuro interés económico industrial del geosítio.

Conjuntamente, para cada parámetro se consideró una ponderación para cada tema evaluado (Uso Científico , Uso Turístico , Riesgo Degradación). Entonces el puntaje final de un geosítio corresponde a la suma ponderada de los 18 parámetros, siendo el puntaje mínimo de 100 puntos y el máximo de 1000.

Tabla 3: Parámetros cuantitativos, ponderaciones y alternativas. En números azules la ponderación del Uso Científico, en amarillo la ponderación del Uso Turístico y en rojo la ponderación del Riesgo Degradación.

1- Representatividad (x 25; x 0; x 0)	
Opciones	Puntaje
Útil como modelo para representar parcialmente un elemento, rasgo o proceso geológico particular.	1
Útil como modelo para representar, en su totalidad, un elemento, rasgo o proceso geológico.	5
Mejor ejemplo conocido, a nivel del área de estudio y/o del área temática considerada, para representar en su globalidad un elemento, rasgo o proceso geológico particular	10
2- Rareza (x 20; x 0; x 0)	
Opciones	Puntaje
El geosítio es un elemento, rasgo o proceso geológico común en la zona de estudio o área temática analizada.	1
El geosítio es un elemento, rasgo o proceso geológico muy escaso en la zona de estudio o área temática analizada.	5
No existe otro elemento, rasgo o proceso geológico de similares características en la zona de estudio o área temática analizada.	10

3- Contenido Científico (x 15; x 0; x 0)

Opciones	Puntaje
El geositio es analizado en 1 tesis o publicación científica nacional.	1
El geositio es analizado en 2 o más tesis o publicaciones científicas nacionales.	5
El geositio es analizado en 2 o más tesis o publicaciones científicas nacionales, en al menos 1 publicación científica internacional, o aún no ha sido objeto de estudios, pero especialistas reconocen en él un gran potencial de uso científico.	10

4- Integridad (x 10; x 0; x 10)

Opciones	Puntaje
El geositio se encuentra gravemente deteriorado, pero aún conserva algunas de sus características de interés. No es factible mejorar esta situación	1
El geositio se encuentra con algún grado de deterioro, siendo factible mejorar esta condición	5
El geositio se encuentra prácticamente integro, no siendo necesario mejorar su estado de conservación.	10

5- Localidad Tipo (x 5; x 0; x 0)

Opciones	Puntaje
No presenta reconocimiento de Localidad Tipo.	1
No presenta reconocimiento formal de localidad tipo, sin embargo es reconocido a nivel regional o nacional.	5
Reconocimiento formal como localidad tipo nacional o internacional.	10

6- Diversidad Geológica (x 5; x 0; x 0)

Opciones	Puntaje
Además del interés geológico principal, el geositio presenta otro interés geológico secundario.	1
Además del interés geológico principal, el geositio presenta 2 intereses geológicos secundarios.	5
Además del interés geológico principal, el geositio presenta 3 o más intereses geológico secundarios.	10

7- Limitaciones de Uso (x 5; x 15; x 5)

Opciones	Puntaje
El geositio se localiza en un terreno factible de visitar, pero solo mediante autorización previa y pago de entrada.	1
El geositio se localiza en un terreno factible de visitar, pero solo mediante autorización previa o pago de entrada	5
El geositio se localiza en un terreno de libre acceso.	10

8- Condiciones de observación (x 0; x 10; x 0)

Opciones	Puntaje
Presenta elementos externos que lo enmascaran, sin embargo todavía es posible apreciar algunas de sus características de interés. No es factible mejorar esta condición.	1
El geositio presenta algunos elementos externos que lo enmascaran, sin embargo todavía es posible apreciar algunas de sus características de interés. Es factible mejorar esta condición.	5
Todos los elementos de interés del geositio son fácilmente observables, no siendo necesario implementar medidas para mejorar su visibilidad.	10

9- Accesibilidad (x 0; x 10; x 5)

Opciones	Puntaje
Es accesible solo mediante a pie, después de un recorrido de mediana o baja intensidad, distancias entre 2-6 km.	1
Es accesible mediante automóvil 4x4, en un sendero medianamente marcado, después d 3-10 km de distancia recorrida.	5
Es accesible directamente en auto, sin necesidad de un vehículo 4x4. O después de menos de 1 km de recorrido de mediana a baja dificultad.	10

10- Valoración Estética (x 0; x 25; x 0)

Opciones	Puntaje
Se considera que el geositio presenta una belleza estética sobresaliente.	1
Es utilizado en la iconografía turística del área de estudio, siendo reconocido por su valor estético a nivel regional.	5
Es utilizado habitualmente en la iconografía turística de Chile, como un ejemplo de la belleza del país.	10

11- Seguridad (x 0; x 10; x 0)

Opciones	Puntaje
Presenta un grado elevado de potenciales peligros (movimientos de tierra, acantilados, cursos de agua de alto flujo, etc.) para los visitantes. Es necesario implementar medidas de mitigación antes de permitir su uso turístico y/o educativo.	1
Presenta un grado moderado de potenciales peligros (terreno irregular, muy inclinado, resbaladizo, etc.) para los visitantes. Es necesario tener precaución cuando es usado con fines turísticos y/o educativos.	5
El geositio presenta un peligro potencial para los visitantes muy escaso o nulo.	10

12- Potencial Recreativo (x 0; x 10; x 5)

Opciones	Puntaje
El geositio se encuentra entre 10-30 km de un área donde se realiza habitualmente alguna actividad recreativa (rafting, esquí, baños termales, etc).	1
El geositio se encuentra a menos de 10 km de un área donde se realiza habitualmente alguna actividad recreativa (rafting, esquí, baños termales, etc).	5
El geositio es usado habitualmente para hacer alguna actividad recreativa (rafting, esquí, baños termales, etc).	10

13- Uso Actual (x 0; x 10; x 5)

Opciones	Puntaje
No presenta divulgación ni uso actual	1
Es promovido como lugar de interés geológico, cultural, natural o paisajístico.	5
Está vinculado a rutas y servicios ofrecidos por guías u operadores turísticos (cabalgatas, trekking, etc.).	10

14- Vulnerabilidad (x 0; x 0; x 30)

Opciones	Puntaje
No presenta deterioro de los elementos geológicos del sitio por actividad humana.	1
Existe la posibilidad de deterioro de los principales elementos geológicos del sitio por la actividad humana.	5
Existe la posibilidad del deterioro de todos los elementos geológicos por la actividad humana.	10

15- Protección Legal (x 0; x 0; x 20)

Opciones	Puntaje
El geositio se localiza en un área protegida por sus valores naturales, que cuenta con un control sistemático y eficiente de los visitantes.	1
El geositio se localiza en un área protegida por sus valores naturales.	5
El geositio se encuentra en un área sin ningún estatus de protección.	10

16- Fragilidad Intrínseca (x 0; x 0; x 10)

Opciones	Puntaje
El geositio presenta vulnerabilidad baja frente a los procesos naturales no antrópicos (inundaciones, remociones en masa, erosión, etc.), no siendo necesario implementar medidas de mitigación.	1
El geositio presenta una moderada vulnerabilidad frente a los procesos naturales no antrópicos (erosión, inundaciones, etc.), pero en una escala que no compromete su integridad a corto plazo. Las posibles transformaciones pueden ser mitigadas con medidas simples.	5
El geositio presenta una vulnerabilidad frente a los procesos naturales no antrópicos (erosión, inundaciones, etc.), en una escala que compromete su integridad a corto plazo.	10

17- Potencial Didáctico (x 20; x 10; x 0)

Opciones	Puntaje
El geositio presenta elementos geológicos para ser utilizados con fines didácticos, pero solo para usuarios relacionados a las Ciencias de la Tierra.	1
El geositio presenta elementos geológicos para ser usados con fines didácticos, para cualquier clase de usuario.	5
El geositio es habitualmente utilizado por sus fines didácticos, y es utilizable con cualquier tipo de usuario.	10

18- Interés para la Industria (x 0; x 0; x 10)

Opciones	Puntaje
El lugar posee elementos o sustancias de moderado o escaso interés económico, de los cuales ya hay explotaciones en el área de estudio.	1
El lugar posee elementos o sustancias de gran interés económico, de las cuales ya hay explotaciones en el área de estudio.	5
El lugar posee elementos o sustancias de gran interés económico, de los cuales no hay explotaciones en el área de estudio.	10

5.2 RESULTADOS CUANTIFICACIÓN

A partir de la información recopilada y los datos analizados, se elaboraron tablas que recapitulan el proceso de cuantificación. La Tabla 4 muestra la puntuación obtenida por cada geositio, para cada uno de los 18 parámetros, de acuerdo a los 3 puntajes posibles (1, 5 y 10).

Tabla 4: Puntajes parciales para geositios.

Geositios /Parámetros	Representatividad	Rareza	Contenido Científico	Integridad	Localidad Tipo	Diversidad Geológica	Limitaciones de Uso	Condiciones de Observación	Accesibilidad	Valoración Estética	Seguridad	Potencial Recreativo	Uso Actual	Vulnerabilidad	Protección Legal	Fragilidad Intrínseca	Potencial Didáctico	Interés para la Industria
Domo Valle Lunar Jeinimeni	5	5	10	5	10	10	10	10	1	10	5	10	10	5	5	5	5	1
Gran Afloramiento de Rocas Piroclásticas y Epiclásticas macizas de la Fm. Ibáñez	10	1	10	5	5	1	5	10	10	1	5	5	1	1	10	5	5	1
Brechas Caóticas Basales Fm. Ibáñez	1	5	1	1	5	1	5	1	10	1	5	1	1	1	10	10	1	1
Domo Cerro Cabeza Blanca	5	1	5	10	1	1	10	10	10	1	5	1	5	5	10	1	5	1
Volcanitas Estero Lo Burgos	1	5	1	10	1	5	10	10	10	5	10	10	10	5	5	5	5	1
Mugaritas de Río Ibáñez	5	5	5	1	1	1	10	1	10	1	10	1	1	5	10	5	1	1
Cerro Cuadro	5	5	5	10	1	5	5	10	5	5	5	1	5	1	10	1	5	1
Mina Cerro Bayo	1	5	10	5	5	1	1	1	10	5	1	1	5	10	10	1	5	10
Domo Cerro Bayo	5	1	5	10	5	5	1	5	10	5	5	1	5	10	10	1	5	10
Basanita con Xenolitos Mantelicos de Cerro Lápiz	10	10	10	10	5	5	5	10	1	5	1	1	5	5	5	1	5	1
Depósitos de oleada piroclástica basáltica	1	5	1	1	1	1	5	5	5	1	5	1	1	5	10	5	5	1
Diatrema de Chile Chico	5	5	5	10	1	1	5	5	5	5	10	1	5	1	10	1	5	1
Diques y Cuerpos Subvolcánicos de Puerto Guadal	5	1	5	10	1	5	10	10	10	1	10	5	1	5	10	5	5	1

Contacto Basaltos Inferiores Chile Chico-Fm. Ligorio Márquez	5	1	10	5	5	1	10	10	5	1	1	1	5	5	10	5	5	1
Contacto Complejo Plutónico Paso Las Llaves-Fm. Ibáñez	5	1	5	5	1	1	10	10	10	5	5	1	5	5	1	1	5	1
Cerro Apidame	10	10	10	10	5	5	5	10	1	10	1	10	10	5	5	1	5	1

Los resultados que se exponen la tabla 5 indican el puntaje final ponderado y el ranking para cada uno de los usos específicos, Científico, Turístico y Riesgo Degradación. A modo de aclarar la metodología, se presenta un ejemplo a continuación, para calcular el valor científico del sitio “Basanita con Xenolitos Mantélicos de Cerro Lápiz”, se tomaron en cuenta los parámetro que considera el uso científico (representatividad, rareza, contenido científico, integridad, localidad tipo, diversidad geológica, limitaciones de uso y potencial didáctico), y los puntaje obtenidos para cada uno de estos parámetros (Tabla 4), los cuales pueden ser 1, 5 o 10, de acuerdo a lo descrito en el Capítulo 5.1. Posterior a la asignación de estos puntajes, el número obtenido se debe multiplicar por su ponderación, por ejemplo representatividad, la cual pondera con 25, entonces en el caso de Cerro Lápiz sería 25 x 10, lo que nos daría un puntaje de 250 para representatividad. Esta metodología se aplica para cada uno de los puntajes obtenidos en cada parámetro que ponderan en Uso Científico. Una vez hecho lo anterior, se realiza la sumatoria de los puntajes obtenidos, dando como resultado el puntaje final para el geosítio, que en este caso es de 850 puntos (Tabla 5).

Tabla 5: Puntajes finales y ranking de cada geosítio por cada uno de los temas específicos, Científico, Turístico y Riesgo Degradación. Los primeros cuatro lugares se encuentran resaltados con el color respectivo para cada uso específico.

Geosítios	Valor Científico		Valor Turístico		Riesgo Degradación	
	Puntaje	Ranking	Puntaje	Ranking	Puntaje	Ranking
Domo Valle Lunar	650	3°	810	2°	670	4°
Gran Afloramiento de Rocas Piroclásticas y Epiclásticas macizas de la Fm. Ibáñez	600	4°	460	10°	465	14°
Brechas Caóticas Basales Fm. Ibáñez	220	16°	290	16°	455	15°
Domo Cerro Cabeza Blanca	455	10°	535	7°	640	6°
Volcanitas Estero Lo Burgos	395	14°	825	1°	715	3°
Mugaritas	385	13°	415	13°	550	9°

Cerro Cuadro	530	5°	510	8°	510	10°
Mina Cerro Bayo	435	9°	370	14°	870	2°
Domo Cerro Bayo	450	11°	450	9°	920	1°
Xenolitos Mantelicos Cerro Lápiz	850	1°	430	11°	510	11°
Depósitos de oleada piroclástica basáltica	260	15°	320	15°	500	13°
Diatrema de Chile Chico	510	6°	510	6°	510	12°
Diques y Cuerpos Subvolcánicos LGC	475	8°	585	5°	620	7°
Contacto Basaltos Inferiores Chile Chico-Fm. Ligorio Márquez	500	7°	445	12°	605	8°
Contacto Complejo Plutónico Paso Las Llaves-Fm. Ibáñez	405	12°	635	4°	450	16°
Cerro Colorado o Cerro Apidame	850	2°	695	3°	655	5°

A partir de los puntajes finales obtenidos se pueden obtener distintas interpretaciones. En el caso de Riesgo de Degradación, el cual está destacado en rojo, permite identificar el estado de conservación que presentan los geositos y qué tan urgente es instaurar medidas para su conservación. Del mismo modo, se encuentran destacados en azul los geositos que presentaron un mayor puntaje con respecto al Uso Científico, el cual nos da un indicador que permite establecer la actual importancia científica que posee el geosito, haciendo una estimación de la importancia de preservar estos lugares con fines científicos, debido a su relevancia a nivel nacional o internacional. Asimismo, en amarillo se destaca el Uso Turístico, el cual da cuenta del potencial que presentan y el actual uso recreativo, turístico y cultural de los geositos, ya sea de una forma directa (personas que decidan ir a visitar los geositos de forma turística) o indirecta, a través de operadores locales de turismo que puedan utilizar estos geositos como un circuito turístico, o que las localidades se vean beneficiadas por un mayor flujo de visitantes que accedan al comercio y distintas actividades de las comunidades cercanas a los geositos..

Lo expuesto en la Tabla 5, permite tener un ranking referencial para cada uno de los usos, científico, turístico y riesgo degradación. Reflejando de manera correcta, a juicio del autor, los usos de cada geosito. Ahora también a partir de estos datos se puede estimar la Necesidad de Conservación (N.C.) de cada geosito (Tabla 6), lo cual depende del riesgo de degradación, uso científico y turístico, siendo utilizado el método propuesto por Benado (2013), que consiste en el promedio simple entre el Uso científico o Turístico con el Riesgo Degradación $N.C. = \left(\frac{Uso X + Riesgo Degradación}{2} \right)$, método solo referencial, pues como menciona Benado (2013), evaluar la necesidad de conservación de un geosito, corresponde a una labor mucho más compleja, ya que involucra una evaluación por distintos expertos en el tema, tomado en cuenta

otras aristas y no solamente la geológica, sino que también como este sitio aporta en distintas aristas a la comunidad (comercio, educativo, recreativo, etc).

Tabla 6: Puntajes y ranking relativo de la necesidad de conservación frente a un potencial uso científico y turístico de cada geositio.

Geositio	N.C. Científico		N.C. Turístico	
	Puntaje	Ranking	Puntaje	Ranking
Domo Valle Lunar Jeinimeni	660	4°	740	2°
Gran Afloramiento de Rocas Piroclásticas y Epiclásticas macizas de la Fm. Ibáñez	533	7°	463	14°
Brechas Caóticas Basales Fm. Ibáñez	338	16°	373	16°
Domo Cerro Cabeza Blanca	548	8°	588	7°
Volcanitas Estero Lo Burgos	555	10°	770	1°
Mugearitas de Río Ibáñez	468	13°	483	12°
Cerro Cuadro	520	11°	510	10°
Mina Cerro Bayo	653	5°	620	5°
Domo Cerro Bayo	685	2°	685	3°
Basanitas con Xenolitos Mantelicos de Cerro Lápiz	680	3°	470	13°
Depósitos de oleada piroclástica basáltica	380	15°	410	15°
Diatrema de Chile Chico	510	12°	510	11°
Diques y Cuerpos Subvolcánicos de Puerto Guadal	548	9°	603	6°
Contacto Basaltos Inferiores Chile Chico-Fm. Ligorio Márquez	553	6°	525	9°
Contacto Complejo Plutónico Paso Las Llaves-Fm. Ibáñez	428	14°	543	8°
Cerro Colorado o Cerro Apidame	728	1°	675	4°

6. DISCUSIONES

6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La selección de geositios en este trabajo se basó principalmente en la metodología propuesta por Brilha (2015, 2016), no obstante existe una componente personal (subjetivo) al momento de preseleccionar, evaluar y clasificar cada lugar, que ha sido atenuado, utilizando una metodología apropiada. Para efectos de esta memoria de título, los sitios fueron evaluados a partir de parámetros en su mayoría objetivos (número de publicaciones científicas, localidad tipo, limitaciones de uso, potencial recreativo, protección legal, seguridad, rareza; Capítulo 5.1), con el fin de que los resultados sean comparables con trabajos previos y que sean de utilidad en futuros estudios de la misma línea de investigación.

Se caracterizaron 16, de un total de 28 sitios preseleccionados (Tabla 1); esto debido a que la preselección se realizó a partir de antecedentes bibliográficos, sin contar -en algunos casos- con todos los antecedentes de accesibilidad (tiempo, distancia y permisos de acceso), haciendo imposible durante el reconocimiento y trabajo en terreno llegar al 100% de los afloramientos. Además, algunos sitios fueron descartados por no presentar un valor científico considerable como para ser catalogado como geositio, o presentar sólo valor turístico. Finalmente, para cada uno de los 16 geositios seleccionados se generó una ficha que detalla la ubicación y accesos, interés geológico, uso actual, caracterización geológica y patrimonial de cada lugar (Capítulo 4.3).

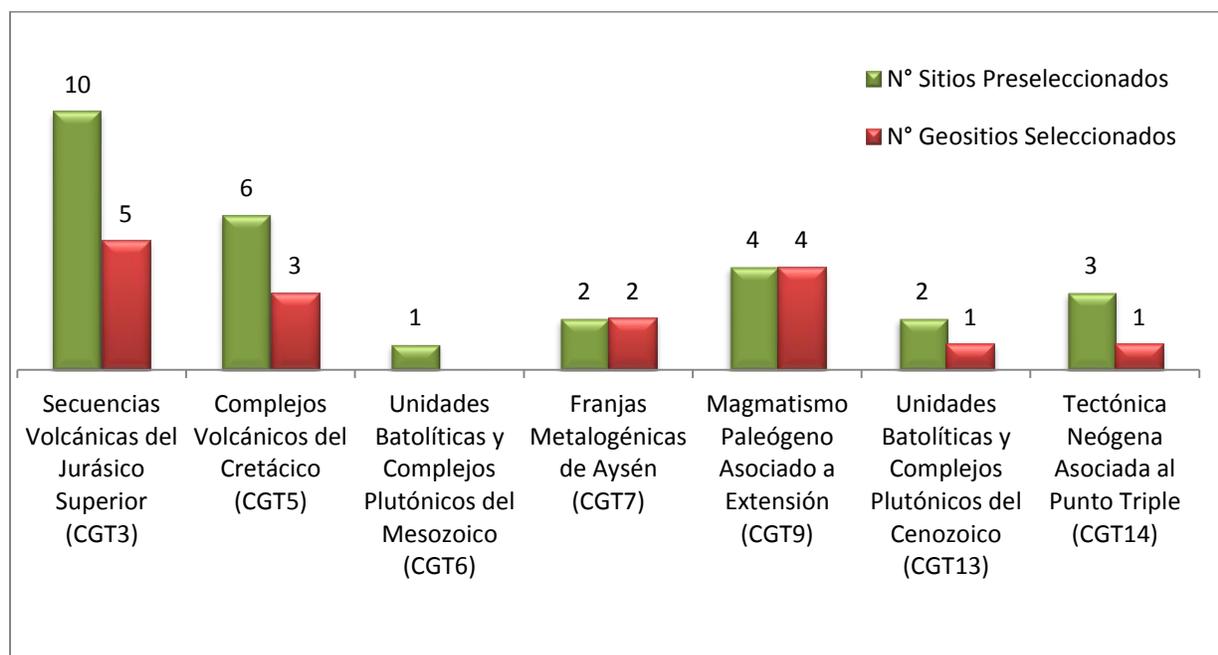


Figura 81: Distribución geositios por Categoría Geológica Temática (CGT). Las columnas en verde corresponden al número de sitios preseleccionados por cada CGT, y las columnas rojas indican el número de geositios seleccionados y caracterizados para cada CGT.

Con el fin de generar una mejor catalogación/inventario de los geositos, se agruparon en Categorías Geológicas Temáticas específicas para la región, las que fueron descritas por el grupo de trabajo de Geopatrimonio de la SEREMI de Minería de Aysén, estas permiten asegurar que en territorios con amplia superficie, la diversidad e historia geológica de la zona esté representada en el inventario, brindando una estructura de comparación en un contexto/categoría para así tener una mejor selección. Asimismo, asegura que diferentes tópicos relacionados a las ciencias de la tierra reciban la misma consideración, y permite comparar de manera más objetiva geositos de distintos inventarios de diferentes zonas de estudio (Grupo Geopatrimonio SEREMI de Minería de Aysén, 2016).

La distribución de los geositos por Categoría Geológica Temática (CGT) se muestra en la Figura 81, obteniendo: 5 para el CGT3-Secuencias Volcánicas del Jurásico Superior, 3 para el CGT5-Complejos Volcánicos del Cretácico, 2 para el CGT7-Franja Metalogénicas de Aysén, 4 para el CGT9-Magmatismo Paleógeno Asociado a Extensión, 1 para el CGT13- Unidades Batolíticas y Complejos Plutónicos del Cenozoico y 1 para el CGT14-Tectónica Neógena Asociada al Punto Triple. En el CGT6-Unidades Batolíticas y Complejos Plutónicos del Mesozoico no se seleccionaron geositos debido a que por distintos factores de tiempo y complejidad del terreno no se logró llegar a los sitios preseleccionados.

Tabla 7: Ranking de los mejor puntuados, para los usos científico, turístico y riesgo de degradación.

Ranking	Valor Científico	Valor Turístico	Riesgo de Degradación
1°	Basanitas con Xenolitos Mantelicos Cerro Lápiz	Volcanitas Estero Lo Burgos	Domo Cerro Bayo
2°	Cerro Colorado o Cerro Apidame	Domo Valle Lunar	Mina Cerro Bayo
3°	Domo Valle Lunar	Cerro Colorado o Cerro Apidame	Volcanitas Estero Lo Burgos
4°	Gran Afloramiento de Rocas Piroclásticas y Epiclásticas macizas de la Fm. Ibáñez	Contacto Complejo Plutónico Paso Las Llaves-Fm. Ibáñez	Domo Valle Lunar

También, a cada uno de los 16 geositos seleccionados se les delimitó un perímetro aproximado (especificado en cada uno de las fichas de descripción, Capítulo 4) considerando las características geológicas de cada uno de ellos, permitiendo así incorporar en su totalidad el geosito, y con ello estimar de mejor manera un área de conservación. Además, se les asignó al menos un tipo de interés geológico a partir de la información disponible en publicaciones

científicas, datos obtenidos en campaña de terreno y en el posterior análisis de datos. Los intereses geológicos seleccionados corresponden a: petrológico, escénico, mineralógico, estructural y geomorfológico. La ficha creada para efectos de esta Memoria de Título se basó principalmente en las propuestas por el equipo de geopatrimonio de Aysén y por la SGCh, en donde es posible homologar el contenido de la ficha realizada en el presente trabajo con las dos mencionadas previamente. La diferencia radica con la primera en el orden en cómo se presenta la información, para este trabajo se propuso un tipo de ficha en la cual se da a conocer toda la información geológica y patrimonial primero, para luego mostrar las imágenes representativas de cada geosítio. En comparación con la ficha propuesta por la SGCh, lo que se propone en este trabajo es una estimación de cuál es el valor principal de cada geosítio de manera global, a diferencia del sistema que utiliza la SGCh, en el cual el valor principal se determina calificando con una nota de 1 a 7 los valores propuestos en la ficha de la SGCh (Anexo 1).

La distribución de los geosítios seleccionados en la zona de estudio presenta una mayor concentración en la comuna de Chile Chico, que en la comuna de Puerto Ibáñez, con 13 y 3 geosítios respectivamente, siendo el acceso por caminos de ripio en mediano a buen estado (ruta 265, X-723, X-753, X-65 y Ruta 7) hasta conectar con caminos secundarios, donde el acceso se debe hacer mediante vehículo 4x4 o caminando. Además, como se aprecia en la Figura 81, existe un mayor número de sitios preseleccionados y geosítios seleccionados correspondientes al CGT3, Secuencias Volcánicas del Jurásico Superior, que podría deberse a que las secuencias de la Formación Ibáñez (Jurásico Superior-Cretácico Temprano) representan el mayor porcentaje de rocas volcánicas en la zona estudiada. También cabe destacar que todos los geosítios fueron seleccionados por presentar un valor científico, tomando en consideración que uno de los criterios de preselección base, correspondía en haber sido estudiados en al menos una publicación científica o tesis.

Conjuntamente, los geosítios seleccionados fueron evaluados cuantitativamente considerando su valor científico, turístico y riesgo de degradación. En la Tabla 7 se puede observar un ranking resumen con los 4 mayores puntajes para cada uso (científico, turístico y riesgo de degradación).

Respecto a los resultados obtenidos en la cuantificación, a juicio del autor, son fiables, particularmente en el Uso Científico. Esta aseveración se basa en que los parámetros que ponderan para la puntuación en este ítem son medidas objetivas (representatividad, rareza, contenido científico, integridad, localidad tipo, diversidad geológica, limitaciones de uso, potencial didáctico), y reflejan de buena manera la realidad y potencial científico de cada geosítio. Además, se obtuvo 7 geosítios (44%) que presentan puntajes superiores a la media, indicando el potencial científico de la zona.

Considerando el Riesgo de Degradación los resultados son admisibles, identificando puntajes medios en la mayoría de los sitios. Esta aseveración se podría explicar debido a que casi todos presentan cierto nivel de vulnerabilidad intrínseca, sin embargo en la mayoría de los casos esta no compromete la integridad de los lugares a corto plazo. La excepción a esto son los geosítios Mina Cerro Bayo y Domo Cerro Bayo que presentan puntajes altos, ya que contienen elementos que son de gran interés para la industria minera, aumentando su vulnerabilidad e integridad. Tanto el Domo Valle Lunar como las Volcanitas Estero Lo Burgos presentan puntajes

medio-altos a consecuencia de que son áreas turísticas con mayor afluencia de personas, y por lo tanto con un mayor deterioro debido a la presencia humana.

En cuanto al ranking obtenido para el Uso Turístico, los primeros lugares (Tabla 7) corresponden a lugares frecuentados por sus cualidades turísticas. Un ejemplo de esto es El Paso las Llaves, sección muy popular de la ruta 265, reconocida por las hermosas vistas del Lago General Carrera y de las grandes paredes del Complejo Intrusivo Paso Las Llaves y Formación Ibáñez. Otro ejemplo de esto son las Volcanitas Estero Lo Burgos, ubicadas dentro de la misma ciudad de Chile Chico, siendo utilizado para la práctica deportiva de escalada en roca y como atracción turística (Cueva del Indio). Llama la atención la presencia de geosítios en posiciones no esperadas pese a tener un gran potencial turístico; esto debido a que el ranking depende de un conjunto de parámetros, tales como la accesibilidad, seguridad y cercanía a zonas de interés turísticos. Ejemplo de lo anterior es el Domo Valle Lunar, segundo en el ranking de Uso Turístico, ubicado en el Parque Nacional Lago Jeinimeni, específicamente en el sector de la Piedra Clavada y del Valle Lunar, lugares íconos del turismo de la ciudad de Chile Chico y de la Región. Este se encuentra en segunda posición debido a su mayor dificultad de acceso, considerando que para llegar al geosítio en cuestión se deben caminar cerca de 3 horas.

Muchos de los geosítios seleccionados no presentan protección legal que asegure su preservación en el tiempo. Parte de esto se debe al poco conocimiento del patrimonio geológico en la zona, sin presencia de señalética y accesos claros. El programa “Transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la región de Aysén” -dentro del cual se incluye el presente trabajo- busca agrupar y organizar la información geológica de la Región de Aysén, fomentando las geo-ciencias en la zona. En particular, este trabajo recopiló información de las rocas volcánicas e intrusivas de la zona de Puerto Ibáñez y Chile Chico, generando fichas de descripción que se muestran en el Capítulo 4. También se propuso un proyecto que busca organizar toda la información en un mapa interactivo (similar a GoogleEarth) para que sea utilizado por la comunidad local, estudiantes, científicos y turistas. Por motivos de tiempo y temas técnicos no fue posible implementar el proyecto en esta memoria de título; sin embargo, no se descarta seguir trabajando para completar el proceso de desarrollo. Igualmente se pretende presentar gran parte de los geosítios propuestos en este trabajo a la Sociedad Geológica de Chile, para que de esta forma se siga fomentando el patrimonio geológico de Chile.

7. CONCLUSIONES

Se concluye, que es posible caracterizar de manera efectiva algunas zonas de interés geológico en las unidades volcánicas y plutónicas, del sector oriental del Lago General Carrera, de la Región de Aysén. Esto es posible, por cuanto existen los instrumentos pertinentes, que pueden o no modificarse en función de esta caracterización y porque hay estudios previos cuya línea puede seguirse, para ahondar en el conocimiento.

En relación a los objetivos específicos, se pudo identificar lugares de interés geológico en la región, como también de acuerdo a características geológicas, fue posible determinar si correspondían a sitios de geodiversidad o geositos.

Así, se logró identificar sitios volcánicos e intrusivos de especial valor científico, de los cuales 16 fueron catalogados y caracterizados como geositos, Los 16 geositos descritos son representativos del escenario geológico predominante en el área de estudio. Cada uno de ellos es evidencia de las categorías geológicas temáticas descritas para la región y cada geosito puede representar un evento específico o mostrar las evidencias de un proceso mayor que sucedió, reflejando -en parte- la historia ígnea de la zona de estudio.

Se logró también la caracterización patrimonial de algunos geositos en relación a definir su situación de propiedad, accesos, vulnerabilidad, atractivo, entre otros, pues para cada uno de ellos se utilizó una ficha de descripción que incluye estos detalles, dándose cumplimiento a otro de los objetivos, el cual era la creación de dicha ficha y que fuera homologable con la del programa de conservación propuesto por la SEREMI de Minería de Aysén junto con la Sociedad Geológica de Chile.

Se concluye también que, el conjunto de geositos propuestos en este trabajo complementa la lista de geositos del inventario del programa de geopatrimonio de la SEREMI de Minería de Aysén, cuyo propósito, entre otros es generar métodos de protección y preservación del patrimonio geológico de la región.

Además se concluye que, dentro de los geositos propuestos, hay algunos que presentan un componente científico menor, pero que se ven contrapuestos con elementos turísticos y educativos importantes, debiendo ser considerados igualmente para temas de conservación, puesto que pueden contribuir al conocimiento y aproximación de las personas a las ciencias de la tierra. Un ejemplo de ello son las Volcanitas Estero Lo Burgos, que sin presentar un puntaje científico alto, es de importancia para las actividades turístico-recreativas de la ciudad de Chile Chico, siendo necesario tomar medidas preservación del lugar, pudiendo ayudar para el desarrollo de las geociencias en la comuna. Otro caso son geositos como la Diatrema de Chile Chico o el Cerro Cuadro, los cuales se encuentran en el Valle del Estero Lo Burgos, zona que presenta gran potencial para actividades educativas y turístico-recreativas relacionadas a la geología.

En relación al último objetivo específico de este estudio, en que se propone una aplicación pedagógica y turística de la caracterización de los geositos, se concluye que es posible hacerlo como un prototipo de producto de divulgación científica, iniciándose con el

establecimiento de una ruta turística de los geositios ya caracterizados de la región, pues se tiene en primer lugar caminos, rutas y accesos relativamente establecidos. En segundo lugar, se tiene estudios anteriores en los cuales basarse. Y finalmente se cuenta con el interés y la voluntad de las autoridades regionales para hacerlo, incluyendo mapas y todo tipo de información pertinente, ítem que se desarrolla en detalle en el capítulo Sugerencias y Comentarios.

Finalmente, en relación a la hipótesis de trabajo que indicaba que este estudio contribuiría a que las generaciones científicas y no científicas presentes y futuras, tendrían un mayor conocimiento de la geomorfología de la región y daría un valor agregado al turismo de la zona, se concluye que no es verificable en cuanto al valor agregado al turismo se refiere, por cuanto se necesita la creación del Parque para verificarlo. Sin embargo, es verificable en relación al mayor conocimiento de la zona, por cuanto este estudio ya ha agregado dicho conocimiento de validez científica, utilizable para cualquier estudio futuro, pues se ha logrado caracterizar lugares de interés geológico que no se habían caracterizado previamente.

8. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

Distintos eventos geológicos han afectado la región, como es el caso de la subducción del ridge de Chile bajo la corteza continental, los avances y retrocesos glaciares, la diversidad climática y muchos otros procesos (Capítulo 3), los cuales han generado y moldeado una extensa y bella geodiversidad, formando parte de la identidad geológica de la Región de Aysén. En este ámbito la región posee un gran valor científico, que la convierte en un laboratorio natural sin precedentes para el estudio de las ciencias de la tierra, abarcando distintos ámbitos de esta como la glaciología, vulcanología, geomorfología, petrología, etc. También, la zona presenta un gran potencial turístico, siendo líder en fortalezas turísticas relacionadas a recursos naturales (OTRA, 2014).

Sin embargo, esta geodiversidad se encuentra amenazada por un crecimiento continuo de la sociedad y sus procesos industriales, con métodos que presentan conflictos relacionados con el cuidado del medioambiente y la distribución y explotación de los recursos naturales. Desde este punto de vista, la comunidad de Puerto Aysén ha demostrado la importancia que el patrimonio abiótico tiene para ellos, oponiéndose a proyectos industriales que amenazaban con destruir el patrimonio natural de la región, como ocurrió en el movimiento contra el proyecto Alumysa (refinadora de aluminio) o frente al proyecto HidroAysén que contempla la construcción de cinco centrales hidroeléctricas, afectando a los ríos Baker, Pascua y la naturaleza próxima.

A pesar de la relevancia que posee la geodiversidad en este territorio, los recursos están siendo subutilizados; los elementos o lugares geológicos de especial importancia científica o educativa no han sido debidamente identificados, y además existe poca información geológica disponible en un lenguaje que permita ser comprendida por personas ajenas a los estudios de las ciencias de la tierra. Esto afecta de manera directa tanto a la ciencia, el turismo y a la comunidad de la región, ya que aparte de haber poca información, no se le está sacando todo el provecho, obviándose sus usos en programas turísticos y educativos que podrían generar beneficios a la comunidad. Asimismo, el no comprender ciertos elementos de la geodiversidad local -que son de gran importancia en la región- y no otorgarles el valor correspondiente, conlleva a no tomar las medidas pertinentes de protección y conservación de estos elementos.

Frente a la necesidad de relacionar a la comunidad con la geodiversidad de la zona, y a su vez preservar el patrimonio geológico, es que surge la idea de un Geoparque en la cuenca del Lago General Carrera. Esto se hará a partir del modelo propuesto por la UNESCO y su programa “Red Mundial de Geoparques”, que promueven los vínculos entre el patrimonio geológico y los demás aspectos del patrimonio natural y cultural de la zona, considerando que la diversidad geológica es el fundamento de todos los ecosistemas y la base de la interacción de los seres humanos con el paisaje (UNESCO, 2015); abarcando de manera integral las ciencias de la tierra y ciencias en general, contribuyendo así a la educación, tanto escolar como universitaria, y a la cultura y el turismo.

La creación de este Geoparque, debe cumplir ciertos requisitos, partiendo de la base de que presente un patrimonio geológico significativo. Debe cumplir requisitos administrativos, de infraestructura e involucrar a la comunidad de manera de generar un desarrollo económico y cultural sostenible en el tiempo. Lo primero que se realizó en miras de este proyecto fue el

Ruta "Chelenko"

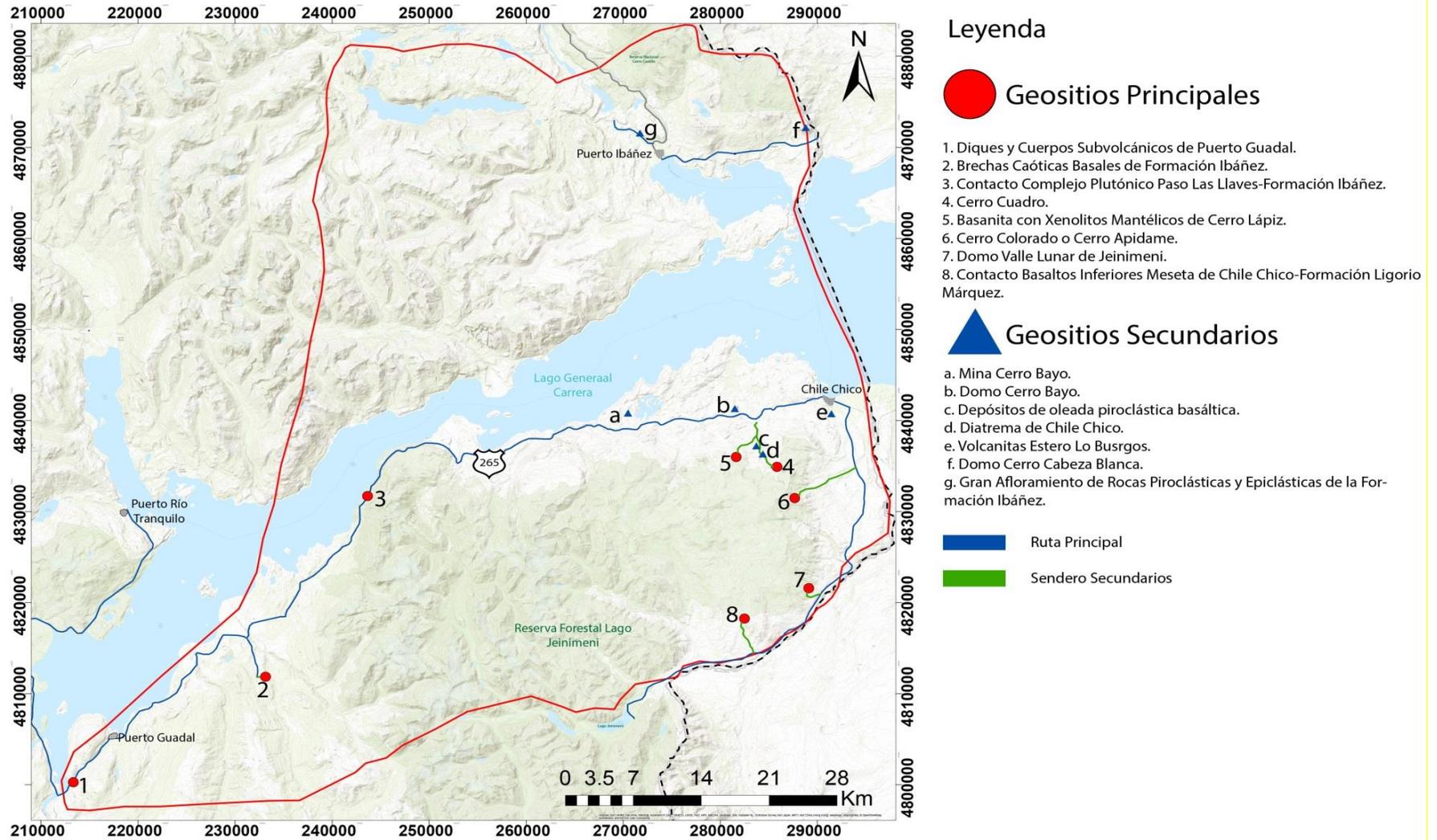


Figura 82: Mapa Ruta Chelenko

fue el catastro regional de geositios, llevado a cabo por el programa programa “Transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la región de Aysén”, y con el aporte de 16 geositios de la presente Memoria de Título. Por otra parte, para llevar a cabo el Geoparque este debe constar con rutas que permitan un recorrido por la geodiversidad de la zona, que a su vez permita a los visitantes relacionarse con las distintas comunidades y localidades en el área que contempla el parque. Para esto se propone un circuito principal llamado “Circuito Chelenko”, (nombre tehuelche original del Lago General Carrera) que permite recorrer el territorio, conectando los distintos geositios. A la vez se propone varios circuitos secundarios los cuales llevan a los geositios más aislados.

La definición de distintos circuitos en este Geoparque obedece a que cada uno requiere de distintos periodos de tiempo para completarlos, ya sea por el acceso a pie o en vehículo o por su lejanía respecto del punto de partida. En este contexto para el Circuito Chelenko se necesitaran aproximadamente de 3 días para realizar el recorrido de manera íntegra.

En el Circuito Chelenko (Figura 82) se podrá apreciar los geositios más significativos dispuestos en un orden geocronológico, permitiendo un recorrido oeste-este, encontrando afloramientos desde el Paleozoico al Eoceno. Además, el circuito propuesto se adentra en las distintas localidades de la zona de estudio (Puerto Guadal, Chile Chico, Puerto Ibáñez y Puerto Río Tranquilo), otorgando al visitante la posibilidad de enriquecer su visita con el contacto con las comunidades locales.

El Circuito Chelenko seguirá en su mayoría un orden geocronológico, contemplando paneles informativos para 8 geositios. Los cuales se enumeran de acuerdo el orden en la ruta, también se enumeran en paréntesis de acuerdo a los geositios propuestos en este trabajo.

El orden será:

1. Geositio N°1 (23), en donde se observan rocas metámorficas del CMAO de edad paleozoica, que corresponden a las rocas más antiguas en la zona (460-310 Ma). Siendo evidencia de la subducción, colisión y amalgamación de terrenos en el margen occidental.

2. Geositio N°2 (7), que consiste en el contacto del CMAO y la Fm. Ibáñez, dando cuenta de dos litologías de eras distintas (Paleozoico y Mesozoico). Además es evidencia del comienzo del desmembramiento de Gondwana (~ 187-144 Ma), al ser la base de la secuencia de lavas acidas pertenecientes a la Formación Ibáñez asociadas a la subducción en el margen occidental, y contemporáneas a un régimen extensional en el trasarco.

3. Geositio N°3 (26), lugar emblemático en la ruta 265, con parajes impresionantes y da cuenta de los pequeños cuerpos intrusivos del Cenozoico, asociado a fallas inversas del Mioceno. Este sería uno de los geositios que no sigue la línea temporal planteada, pero se puede apreciar la Fm. Ibáñez perteneciente al Jurásico.

4. Geositio N°4 (15), afloramiento del Cretácico (~145-66 Ma), que es evidencia de paleoconductos que permitieron el ascenso de magmas a la superficie, estos habrían permitido el ascenso de basaltos de tipo inundación.

5. Geosítio N°5 (19), uno de los más significativos desde el punto de vista científico, donde se pueden apreciar rocas mantélicas en superficie (xenolitos) y depósitos que son evidencias de una posible ventana astenosférica producida durante la subducción de la dorsal Farallon-Aluk (~53 Ma) en el Paleoceno-Eoceno.

6. Geosítio N°6 (27), considerada por el autor una de las paradas visualmente más impresionantes, siendo de difícil acceso, pero que el lugar lo amerita; en él es posible apreciar un afloramiento poco común de ver. Además, es evidencia de la subducción del ridge de Chile Chico (punto triple), que habría generado una ventana astenosférica hace ~5 Ma.

7. Geosítio N°7 (3), corresponde a un sitio habitualmente visitado por turistas, pues está dentro de la Reserva Nacional Jeinimeni, siendo una de las mayores atracciones cerca de Chile Chico. Este geosítio muestra la historia volcánica del Jurásico retrocediendo un poco en la escala temporal, siendo posible apreciar las ignimbritas de la Formación Ibáñez.

8. Geosítio N°8 (24), la última pero no por ello menos importante. Si bien con este geosítio nuevamente retrocedemos en la escala temporal propuesta, este lugar permite el acceso a los depósitos de los Basaltos Inferiores de la Meseta de Chile Chico (57-34 Ma) de manera mucho más sencilla que la Parada 5, y permite acercarse a un antiguo pique minero de carbón, con litologías que representan a depósitos de ríos trenzados provenientes de altos topográficos.

Este circuito si bien contempla solo los geosítios volcánico e intrusivos, no se descarta enriquecer la ruta con la inclusión de otros geosítios pertenecientes a distintos CGT a los tratados en este trabajo. Esto permitirá complementar la historia geológica, ya que se incluirán eventos relacionados a rocas sedimentarias como por ejemplo los fósiles de la Formación Guadal y el dinosaurio del Jurásico (*Chilesaurus diegosuarezi*) de la Formación Toqui. Pues sin duda la riqueza de esta propuesta no solo se centra en el presente trabajo, sino que hay una riqueza geológica (paleontológica, sedimentaria, metamórfica e ígnea) y cultural, que por los objetivos planteados en este trabajo no fueron todo abordados, pero que sin duda enriquecerían mucho un futuro geoparque.

Además, este Geoparque proyectado propone -de forma complementaria- la creación de un mapa interactivo que entregue una experiencia científica, educativa, didáctica, lúdica y turística adecuada para todo tipo de visitantes. En una primera instancia se propone generar un mapa digital, mediante ArcGis o algún otro software GIS, que contenga puntos de referencia con la ubicación de cada geosítio (Figura 82). Luego, sobre este mapa poder interactuar con cada uno de los geosítios.

El método de interacción que se propone tendrá los siguientes elementos:

1. Selección de cada uno de los geosítios al momento de hacer *click* sobre ellos.
2. Cuando el geosítio recibe un *click*, se desplegará una ventana tipo “*pop-up*” con la ficha geológica del geosítio que contendrá: Nombre del geosítio, Ubicación GPS y link a mapa de ubicación, Categoría Geológica Temática a la cual pertenece, Tipo de interés geológico, Descripción geológica, además de figuras e ilustraciones que describen la geología del geosítio (Figura 83).

3. Dentro de la ventana desplegable se propone incluir una imagen desplegable en formato normal y 360°, que permitirá observar el geositio de manera más completa e interactiva. Además, se puede implementar el uso de lentes de realidad virtual, permitiendo una mayor interacción del usuario con el sitio en cuestión, pues esta imagen dará la sensación de “estar” en el geositio.
4. Finalmente, incluir audio descriptivo del geositio descrito.

Mediante este mapa interactivo se busca que los usuarios tengan una experiencia amigable con los conocimientos científicos, ya sea durante el recorrido de la ruta o desde el computador, buscando incentivar de manera gráfica e interactiva que los usuarios visiten estos geositios.

Por otra parte se consideró que otra forma de contribuir a la comunidad es desde el punto de vista educativo. La educación científica también es comprendida como una herramienta fundamental para el desarrollo de los individuos y las sociedades. De hecho UNESCO la calificó como un ‘imperativo estratégico’ de los países (UNESCO-CIUC, 1999). El desarrollo científico y la considerable importancia de la educación en ciencias, debería tener una estrecha relación con una sociedad que capacite a sus ciudadanos para apropiarse del conocimiento científico y utilizarlo para su autodeterminación (Ahumada, 2015).

A partir de esto, se sugiere modificar en principio, en unidades educativas asociadas a la Ilustre Municipalidad de Puerto Aysén algunas prácticas docentes relativas a STEM (de las siglas en inglés para Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), donde los programas escolares pudieran estar sobrecargados de contenidos conceptuales, sugiriéndose el paso a prácticas que incluyan actividades significativas y relacionadas con el territorio, que sean innovadoras utilizando herramientas y conocimientos humanos y tecnológicos contemporáneos, como por ejemplo la enseñanza de las ciencias basada en la indagación. En este contexto es que se propone explorar las ciencias de la tierra mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), método que, en países como Finlandia, o Nueva Zelanda, con una gran tradición y calidad educacional, están incluyendo progresivamente (Ratine y Keinonen, 2011). Mediante esta herramienta se pretende que los usuarios interactúen, identifiquen e interpreten elementos de la geología que es posible apreciar en los softwares SIG (Google Earth, ArcGis, etc). De forma complementaria, basándose en iniciativas propuestas en Finlandia, en donde se capacita a los docentes en la educación al aire libre realizando visitas frecuentes con los estudiantes a parques nacionales con recorridos y actividades cuidadosamente pre-diseñadas para satisfacer el currículo académico, es que se sienta un precedente para complementar la utilización de los mapas interactivos llevando la educación a un campo físico donde se pueda consolidar el aprendizaje obtenido virtualmente y en las salas de clases.

En este escenario, el Circuito Chelenko, complementado con los mapas interactivos de los distintos Geositios, busca ser el punto de inicio de aproximación a las ciencias de la tierra por escolares e universitarios ajenos a ellas, permitiendo su conocimiento y recorrido en terreno, acercándolos para fomento del interés y cuidado del patrimonio geológico conocido y por conocer.

Respecto a la creación de este Geoparque, se recomienda también la participación de equipos multidisciplinarios que le den nuevas miradas a la selección de los geositos, con el fin de disminuir los componentes subjetivos de la cuantificación del geopatrimonio de la región de Aysén ya que algunos, como Cerro Lápiz, Cerro Apidame o Mina Cerro Bayo son geositos que a la luz de este y otros trabajos, tienen una fuerte componente científica, que necesita validarse y reconfirmarse.

Finalmente, se considera que proyectos como por ejemplo el “Geoparque Kütralkura” o el programa “Transferencia para una estrategia de gestión del patrimonio geológico de la región de Aysén”, dentro del cual este trabajo forma parte, son ejemplos a seguir en el desarrollo del patrimonio geológico de Chile, permitiendo su oportuna conservación, protección y difusión. Con el fin de poder llevar a cabo esta obra de geoconservación es indispensable que la comunidad científica participe de manera activa en los procesos de identificación y difusión del patrimonio geológico, y parte fundamental de ello es que estos temas y líneas de investigación sean dadas a conocer en la formación general de la carrera de Geología de cualquier casa de estudios, dando la oportunidad que jóvenes científicos puedan ver en ello una posibilidad de desarrollo científico y de aporte al patrimonio nacional.

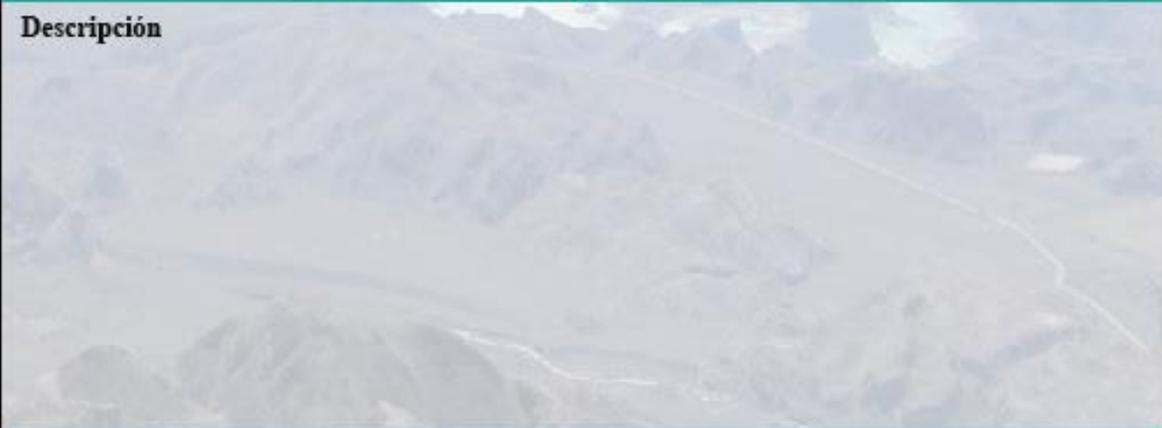
Nombre Geosítio		Nº
Categoría Geológica Temática		
		
Coordenadas (UTM)		Altura (m.s.n.m.)
Comuna		
Provincia		
Región		
Acceso		
Valor Principal:	Valor Secundario:	
Descripción		
		
Publicaciones		

Figura 83: Ficha propuesta para desplegarse al momento de seleccionar un geosítio en el mapa.

Bibliografía

- Acevedo, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
- Albers, C. (2012). *Coberturas SIG para la enseñanza de la Geografía en Chile*. Obtenido de www.rulamahue.cl/mapoteca. Universidad de La Frontera. Temuco.
- Andrade, F. (en preparación). *Geoconservación en los valles Exploradores y Leones (Campo de Hielo Norte, Región de Aysén, Chile): Inventario, Cuantificación, Medidas de protección y Divulgación (Inedito)*. Concepción.
- Arancibia, G., Cembrano, J., & Lavenu, A. (1999). Transpresión dextral y partición de la deformación en la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui, Aisén, Chile (44-45°S). *Revista Geológica de Chile*, 26(1), 3-22.
- Aravena, N. (2014). *Geología y patrimonio del área de Cerro Castillo XI Región de Aysén, Chile*.
- Augustsson, C., & Bahlburg, H. (2002). Cathodoluminescence of quartz as provenance indicator for late Paleozoic metasediments of southern Andean Patagonia. *International Symposium of Andean Geodynamics*, No. 5, Proceedings: 57-59. Toulouse.
- Augustsson, C., Münker, C., Bahlburg, H., & Fanning, C. (2006). Provenance of late Palaeozoic metasediments of the SW South American Gondwana margin: a combined U–Pb and Hf-isotope study of single detrital zircons. *Journal of the Geological Society, London*, Vol. 163, 983-995.
- Baker, P., Rea, W., Skarmeta, J., Caminos, R., & Rex, D. (1981). Igneous history of the Andean Cordillera and Patagonian Plateau around latitude 46°S. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A*, 303, pp, 105-149.
- Bell, C. (2009). Quaternary lacustrine braid deltas on Lake General Carrera in southern Chile. *Andean Geology* 36 (1), 51-65.
- Bell, C. M., De la Cruz, R., & Suárez, M. (1999). The tectonic evolution of the Mesozoic and Cenozoic Austral Basin in Southern America. *International Symposium of Andean Geodynamics*, 4 (págs. 289-292). Gottingen: I'Orstrom.
- Bell, M., & Suarez, M. (1997). The lower Cretaceous Apeleg Formation of the Aysén basin, southern Chile. Tidal sandbar deposits of an epicontinental sea. En *Revista Geológica de Chile*, 24 (págs. 203-226).
- Benado, J., Andrade, F., & Quezada, P. (2016). *Inventario de geositios de la Región de Aysén (Patagonia, Chile), actividad 1.2: Definición de las Categorías Geológicas Temáticas*. Aysen: Programa Estrategia de Gestión del Patrimonio Geológico de la Región de Aysén.

- Boetsch, M. (2014). *Control estructural de la mineralización Argentó-Aurífera y criterios de exploración en el distrito Cerro Bayo, Región de Aysén, Chile.*
- Brilha, J. (2015). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. En *Geoheritage* (págs. 1-16).
- Bruce, Z. (2001). *Mesozoic Geology of the Puerto Ingeniero Ibáñez region, 46° South, Chilean Patagonia. Ph.D. Thesis (Unpublished), University of Canterbury: 374p. Nueva Zelandia.*
- Bruschi, V. (2007). *Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad. Tesis doctoral, Universidad de Cantabria. 341 pp.*
- Caldenius, C. (1932). Las Glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego, República Argentina. Dirección General de Minas y Geología 95: 152 p. . Buenos Aires.
- Calderón, M. (2000). *Metamorfismo de contacto en el margen oriental del Batolito Sur Patagónico, entre los 48°-50°30' Lat. Sur, Magallanes, Chile. Memoria de Título. Universidad de Chile. Departamento de Geología. Santiago . Chile. 86pp.*
- Calderón, M., Fildani, A., Hervé, F., Fanning, C., Weislogel, A., & Cordani, U. (2007). Late Jurassic bimodal magmatism in the northern sea-floor remnant of the Rocas Verdes Basin, southern Patagonian Andes. *Journal of the Geological Society, London, 164*, 1011-1022.
- Cande, S. C., R. B. Leslie, J. C., & Hobart, M. (1987). Interaction between the Chile Ridge and the Chile trench: Geophysical and geothermal evidence. *J. Geophys. Res.*, 92, 495-520.
- Cande, S., & Leslie, R. (1986). Late Cenozoic tectonics of the southern Chile Trench. *J. Geophys. Res.* 91, 471-496.
- Carcavilla Urquí, L., López Martínez, J., & Durán Valsero, J. (2007). *Patrimonio Geológico y Geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. : Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, España.*
- Cembrano, J., & Lara, L. (2009). The link between volcanism and tectonics in the southern volcanic zone of the Chilean Andes: A review. . *Tectonophysics. Vol. 471:*, 96-113.
- Cembrano, J., Lavenu, A., Reynolds, P., Arancibia, G., López, G., & Sanhueza, A. (2002). Late Cenozoic transpressional ductile deformation north of the Nazca-South America-Antartica triple junction. *Tectonophysics*, 354, 289-314.
- Charrier, R., Linares, E., Niemeyer, H., & Skarmeta, J. (1979). K-Ar ages of basalt flows of the Meseta Buenos Aires in southern Chile and their relation to the southeast Pacific triple junction. *Geology* 7, 436-439.
- Charrier, R., Pinto, L., & Rodríguez, M. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean

- Orogen in Chile. In *The Geology of Chile* (Moreno, T.; Gibbons, W.; editors). *The Geological Society*, 21-114.
- Coeur. (2007). The precious metals company website, copyright 2007 . Coeur d' Alene Mines Corporation, http://www.coeur.com/expl_cerro_bayo.html, 05/03/2008.
- D' Orazio, M., Agostini, S., Innocenti, F., Haller, M. J., Manetti, P., & Mazzarini, F. (2001). Slab window - related magmatism from southernmost South America: the Late Miocene mafic volcanics from the Estancia Glencross Area (~52°S, Argentina - Chile). *Lithos*, 57, 67-89.
- Davidson, J., Mpodozis, C., Godoy, E., Hervé, F., & Brook, M. (1987). Late Paleozoic Accretionary Complexes on the Gondwana Margin of Southern Chile: Evidences from the Chonos Archipelago. *Gondwana Six: Structure Tectonics and Geophysics*, G. D. McKenzie, Ed., American Geophysical Union, Geophysical Monograph, Washington., 40, 221-228.
- De la Cruz, R., & Suárez, M. (2006). Geología del área Puerto guadal - Puerto Sánchez, Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 95, 60p., 1 mapa escala 1:100.000.
- De la Cruz, R., & Suárez, M. (2008). *Geología del área Chile Chico - Río de las Nieves, región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 112, 1 mapa escala 1:100.000(112).*
- De la Cruz, R., Suárez, M., Belmar, M., Quiroz, D., & Bell, M. (2003). *Geología del Área Coihaique-Balmaceda, Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, No. 80, 40p., 1 mapa escala 1:100.000.*
- DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F., & Stein, S. (1990). Current plate motions. *Geophys. J. Int.*, 101, 425-478.
- Energía Austral Ltda. (2009). *Linea de base de estudio de impacto ambiental. Proyecto Central Hidroeléctrica Cuervo.*
- Escosteguy, L., & Geuna, S. (2008). Lago Buenos Aires (Santa Cruz). Lahuella de un glaciar. En *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina, Chapter: 63* (págs. 759-770). Comisión Sitios de Interés Geológico de la República Argentina.
- Espinoza, F. (2003). Petrología y Geoquímica de los Basaltos Cenozoicos de la meseta Chile Chico, 46°35'-46°47'S-71°46'-72°02'W, XI Región de Aysén, Chile. *Memoria de Título y Tesis de Magister M. Sc.(inedito), Universidad de Chile, Departamento de Geología*, 220.
- Espinoza, F., & Morata, D. (2003). Xenolitos mantelicos incluidos en Cerro Lapiz, Meseta Chile

Chico, XI Región de Aysén, Chile. *Congreso Geológico Chileno, No. 10*. Concepción.

- Espinoza, F., Morata, D., Pelleter, E., Maury, R., Suárez, M., Lagabrielle, Y., y otros. (2005). Petrogenesis of the Eocene and Mio-Pliocene alkaline basaltic magmatism in Meseta Chile Chico, southern Patagonia, Chile: Evidence for the participation of two slab windows. *Lithos*, 82(3), 315-343.
- Espinoza, F., Morata, D., Pelleter, E., Maury, R., Suárez, M., Lagabrielle, Y., y otros. (2005). Petrogenesis of the Eocene and Mio-Pliocene alkaline basaltic magmatism in Meseta Chile Chico, Southern Patagonia, Chile: Evidence for the participation of two slab windows. *Lithos* 82 (3-4), 315-343.
- Ferrando, F., & Muñoz, M. (1979). Perspectivas de desarrollo de los recursos de la Región Aisén: Geomorfología. En *Intendencia Región Aisén – Serplac Región Aisén – Corfo – Iren, Inscripción N° 50.068* (pág. 69). Chile.
- Fink, J., & Anderson, S. (2000). Lava Domes and Coulees. En *Encyclopedia of Volcanoes* (págs. 307-321). Academic Press.
- Folguera, A., & Ramos, V. (2002). Los efectos producidos por la aproximación, colisión y subducción de dorsales pacíficas en los Andes Patagónicos. *ACTA GEOLOGICA HISPANICA*, v. 37, n°4, 329-353.
- García-Cortés, A. Á.-V. (2008). Introducción. En *Contextos Geológicos Españoles: Una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional*. (págs. 7-13). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., & Vegas, J. (2014). Documento metodológico para la elaboración del Inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. 64 p. España.
- Gasparik, T. (1984). Two-pyroxene thermobarometry with new experimental data in the system CaO - MgO - Al₂O₃ - SiO₂. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 87-97.
- Gorring, M. &. (2001). Mantle processes and sources of neogene slab window magmas from southern Patagonia, Argentina. *Journal of Petrology*, 42(6), 1067-1094.
- Gorring, M., Kay, S., Zeitler, P., Ramos, V., Rubiolo, D., Fernandez, M., y otros. (1997). Neogene Patagonian plateau lavas: Continental magmas associated with ridge collision at the Chile Triple Junction. *Tectonics*, 16(1), 1-17.
- Gray, M. (2004). Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature. *John Wiley & Sons, Sussex*, 434.
- Gripp, A. E., & Gordon, R. G. (1990). Current plate velocities relative to the hotspots incorporating the NUVEL-1 global plate motion model. *Geophys. Res. Lett*, 17, 1109-1112.

- Guivel, C., Morata, D., Pelleter, E., Espinoza, F., Maury, R., Lagabriele, Y., y otros. (2006). Miocene to Recent Patagonian basalts (46-47°S): geochronometric and geochemical evidence for slab tearing during ridge collision. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 149 (3-4), 346-370.
- Heim, A. (1940). Geological observations in the Patagonian Cordillera (Preliminary Report). *Eclogae Geologicae Helveticae*, Vol. 33, p. 25-51. Traducción in *Boletín Minero*, Vol. 54, No. 507. 646-649.
- Hervé, F. (1993). Paleozoic metamorphic complexes in the Andes of Aysén, Southern Chile (West Occidentalía). in First Circum-Pacific and Circum-Atlantic Terrane Conference, Proceedings: 64-65. Mexico.
- Hervé, F., Aguirre, L., Godoy, E., Massone, H., Morata, D., Pankhurst, R., y otros. (1998). Nuevos antecedentes acerca de la edad y las condiciones P-T de los complejos metamórficos en Aysén. In Congreso Latinoamericano de Geología, No. 10 y Congreso Nacional de Geología Económica, No. 6, Actas 2: 134-137. Buenos Aires.
- Hervé, F., Calderón, M., & Faúndez, V. (2008). The metamorphic complexes of the Patagonian and Fuegian Andes. *Geologica Acta*, 6(1), 43-53.
- Hervé, F., Pankhurst, R., Fanning, C., Calderón, M., & Yaxley, G. (2007). The South Patagonian batholith: 150 my of granite magmatism on a plate margin. *Lithos*, 97, 373-394.
- Hervé, M. (1976). *Estudio geológico de la falla Liquiñe- Reloncaví en el área de Liquiñe: antecedentes de un movimiento transcurrente (Provincia deValdivia).*In Congreso Geológico Chileno, No.1, Actas 1: B39-B56. Santiago.
- Hofmann, M., Anderssohn, R., Bahr, H.-A., Weiß, H., & Nellesen, J. (2015). Why Hexagonal Basalt Columns? *Physical Review Letters*, 115(15), 154301.
- Japan, J. I.-M. (1992). *Report on the investigation of mineral potential in the Lonquimay area and regions Los Lagos and Aysén, the Republic of Chile (Aysén Area).* Informe (inedito), Japan International Cooperation Agency-Metal Mining Agency Japan, Fase 3, 190p. Santiago.
- Kay, S., Gorrington, M., & Ramos, V. (2004). Magmatic sources, settings and causes of Eocene to Recent Patagonian plateau magmatism (36°S to 52° S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (4), 556-568.
- Kay, S., Ramos, V., & Gorrington, M. (2002). Geochemistry of Eocene Plateau Basalts Related to Ridge Collision in Southern Patagonia. *Actas del XV Congreso Geológico Argentino, El Calafate*.
- Kley, J., Monaldi, C. R., & Salfity, J. A. (1999). Along - strike segmentation of the Andean foreland: causes and consequences. *Tectonophysics*, 301, 75-94.

- Lagabriele, Y., Suárez, M., Malavieille, J., Morata, D., Espinoza, F., Maury, R., y otros. (2007). Pliocene extensional tectonics in the Eastern Central Patagonian Cordillera: geochronological constraints and new field evidence. *Terra Nova*, Vol 19, No. 6, 413-424.
- Lagabriele, Y., Suárez, M., Rossello, E., Hérial, G., Martinod, J., Régnier, M., y otros. (2004). Neogene to Quaternary tectonic evolution of the Patagonian Andes at the latitude of the Chile Triple Junction. *Tectonophysics*, 385(1):, 211-241.
- Lavenu, A., & Cembrano, J. (1999). Compressional- and transpressional- stress pattern for Pliocene and Quaternary brittle deformation in fore arc and intra-arc zones (Andes of Central and Southern Chile). *Journal of Structural Geology*, 21, 1669-1691.
- Maksaev, V. (2001). Brechas relacionadas a mineralización. [en línea] <<http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/metalogenesis.html>>[Consulta: 11 Abril 2017].
- Martin, A., & Hartnady, C. (1986). Plate tectonic development of the southwest Indian Ocean: A revised reconstruction of East Antarctica and Africa. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 91, 4767-4786.
- Martínez, P. (2010). *Identificación, caracterización y cuantificación de geositios, para la creación del I Geoparque en Chile, en torno al Parque Nacional Conguillío. Memoria para optar al título de geólogo.* Santiago.
- Martinez, T., Valenzuela, D., Hevia, F., Silva, G., & Hervé, F. (2015). Estado actual de reconocimiento y distribución geográfica del Patrimonio Geológico Chileno. XIV Congreso Geológico Chileno. La Serena, 4-8 Octubre.
- Mena, F. L. (2004). En torno a las últimas poblaciones indígenas de la cordillera centro-patagónica: estudio comparado de tres valles en Aysen oriental (Chile). *Contra viento y marea. Arqueología de Patagonia*, 643-657.
- Miller, H. (1984). Orogenic development of the Argentinean/Chilean Andes during the Paleozoic. *J. Geol. Soc. London*, 141, 885-892.
- Mourgues, F., Schilling, M., & Castro, C. (2012). Propuesta de definición de los Contextos Geológicos Chioenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional. XIII Congreso Geológico Chileno, (págs. 890-892). Antofagasta.
- Mpodozis, C., & Kay, D. (1990). Provincias magmáticas ácidas y evolución tectónica de Gondwana: Andes chilenos (28-31°S). *Revista Geológica de Chile*, 17, 153-180.
- Mpodozis, C., & Ramos, V. A. (2008). Tectónica jurásica en Argentina y Chile: extensión, subducción oblicua, rifting, deriva y colisiones? *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 63(4), 481-497.
- Niemeyer, H. (1978). Nódulos máficos y ultramáficos en basaltos alcalinos de la meseta Buenos

- Aires, Lago General Carrera, Provincia de Aysen, Chile. *Asoc. Geológica Argentina, Rev.*, XXXIII (1), 63-75.
- Niemeyer, H. (1984). *Hoja península de Taitao y Puerto Aysé, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. SERNAGEOMIN. Carta Geológica de Chile.*
- Niemeyer, H., & Cereceda, P. (1984). *Hidrografía. Geografía de Chile. Tomo VIII. Instituto Geográfico Militar.* Chile.
- Nieto, L. (2001). Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero* 112 (2), 3-11.
- OTRA. (2014). Anuario Estadístico de Turismo Región de Aysén 2013. 62 p. Disponible en www.observatorioaysen.cl.
- Pankhurst, R., & Hervé, F. (1994). Granitoid age distribution and emplacement control in North Patagonian Batholith in Aysén, southern Chile. *Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas 2: 1409-1413. Concepción.*
- Pankhurst, R., Hervé, F., Fanning, C., & Suárez, M. (2003). Coeval plutonic and volcanic activity in the Patagonian Andes: the Patagonian Batholith and the Ibáñez and Divisadero Formations, Aysén, southern Chile. *Congreso Geológico Chileno, No. 19, Simposio No. 5, Actas, CD-ROM*, (pág. 5p). Concepción.
- Pankhurst, R., Leat, P. T., Sruoga, P., Rapela, C. W., Márquez, M., Storey, B. C., y otros. (1998). The Chon Aike province of Patagonia and related rocks in west Antarctica: A silicic large igneous province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 81, 113-136.
- Pankhurst, R., Riley, T., Fanning, C., & Kelley, S. (2000). Episodic silicic volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: Chronology of magmatism associated with the Break-up of Gondwana. *Journal of Petrology. Vol. 41, (5)*, 605-625.
- Pankhurst, R., Weaver, S., Hervé, F., & Larrondo, P. (1999). Mesozoic-Cenozoic evolution of the North Patagonian Batholith in Aysen, southern Chile. *Journal of the Geological Society of London, Vol. 156*, 673-694.
- Pankhurst, R., Weaver, S., Hervé, F., & Larrondo, P. (1999). Mesozoic-Cenozoic evolution of the North Patagonian batholith in Aysén, southern Chile. En *Journal of the Geological Society, 156(4)*: (págs. 673-694).
- Pardo-Casas, F., & Molnar, P. (1987). Relative motion of the Nazca (Farallon) and South American plates since Late Cretaceous time. *Tectonics*, 6, 233-248.
- Petford, W., & Berger, A. (1996). Reconnaissance $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and paleomagnetic study of igneous rocks around Coyhaique, S. Chile ($45^{\circ}30'$ - 47° S). In International Symposium of Andean Geodynamics, No. 3, Proceedings, p. 625-628. Editions de l'Orstom.

- Quiroz P, D., & Belmar U, M. (2010). *Geología del Área Bahía Murta-Cerro Sin Nombre, Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 125: 36 p., 1 mapa escala 1:100.000.* Santiago.
- Quiroz P, D., & Bruce, Z. (2010). *Geología del Área Puerto Ingeniero Ibáñez - Villa Cerro Castillo, Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 124: 48 p., 1 mapa escala 1:100.000.* Santiago.
- Quiroz, D. (2000). Geología y Geoquímica de la Formación Ibáñez y Batolito Patagónico al norte del Lago General Carrera (entre los 46°00'-46°30'S y los 72°00'-72°20'W), XI Región, Chile. . *Memoria de Título (Inédito), Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra, 159,* Concepción.
- Rabassa, J., Coronato, A. M., & Salemme, M. (2005). *Chronology of the Late Cenozoic Patagonian glaciations and their correlation with biostratigraphic units of the Pampean region (Argentina). Journal of South American Earth Sciences, 20(1), 81-103.*
- Ramos, V. A., & Kay, S. M. (1992). Southern Patagonian plateau basalts and deformation: backarc testimony of ridge collisions. *Tectonophysics, 205, 261-282.*
- Ramos, V., Niemeyer, H., Skarmeta, J., & Muñoz, J. (1982). Magmatic Evolution of the Austral Patagonian Andes. *Earth Science Reviews. Vol. 18, (3/4), 411-443.*
- Robinson, C. S. (1956). Geology of Devils Tower National Monument, Wyoming (No. 1021-I). *US Geological Survey.*
- Rosenau, M., Melnick, D., & Echtler, H. (2006). Kinematic constraints on intra-arc shear and strain partitioning in the southern Andes between 38°S and 42°S latitude. *Tectonics, 25.*
- Scalabrino, B., Lagabrielle, Y., Malavieille, J., Dominguez, S., Melnick, D., Espinoza, F., et al. (2010). A morphotectonic analysis of the central Patagonian Cordillera: Negative inversion of the Andean belt over a buried spreading center? *TECTONICS, VOL. 29.*
- Schilling, M. E., Carlson, R. W., Tassara, A., Conceição, R. V., Bertotto, G. W., Vásquez, M., y otros. (2017). The origin of Patagonia revealed by Re-Os systematics of mantle xenoliths. *Precambrian Research.*
- SERNAGEOMIN. (2003). *Mapa Geológico de Chile: versión digital. Escala 1:1.000.000. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Digital, No. 4 (CD ROM, versión 1.0, 2003).* Santiago.
- Singer, B., Ackert, R. J., & Guillou, H. (2004). 40Ar-39Ar and K-Ar chronology of Pleistocene glaciations in Patagonia. *Geological Society of America Bulletin 116(3-4), 434-450.*
- Skarmeta, J. (1974). Geología de la región continental de Aysén, entre los 45° y 46° de latitud

- sur, Chile. Memoria de Título (Inédito), Universidad de Chile, Departamento de Geología. 226 p.
- Suárez, M., & De La Cruz, R. (1994). Estratigrafía y paleogeografía Mesozoica de Aysén Nororiental (45° - 46° S), Chile. *Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas 1*, (págs. 533-537). Concepción.
- Suárez, M., De la Cruz, R., & Fanning, M. (2008a). Edades U-Pb Shrimp en volcanitas del área Chile Chico, Aysen: Proyecto Fondecyt N° 1030162. Informe 8inedito), Servicio Nacional de Geología y Minería: 11p.
- Suárez, M., De La Cruz, R., Aguirre-Urreta, B., & Fanning, M. (2005a). Diachronic Tithonian-Valanginian marine transgression of the Coihaique Group, Aysén Basin (43–47 S), Chile. *Congreso Geológico Argentino No. 16. Actas 1*, (págs. 303-304).
- Suárez, M., De La Cruz, R., Bell, M., & Demant, A. (2009b). Cretaceous slab segmentation in Southwestern Gondwana. *Cambridge Journals, Geological Magazine, volume 147, issue 02*, 193-205.
- Suárez, M., Demant, A., De La Cruz, R., & Fanning, M. (2010). 40Ar/39Ar and U-Pb Shrimp dating of Aptian tuff cones in the Aysén Basin, Central Patagonian Cordillera. *Journal of South American Sciences, Volume 29, Issue 3*.
- Tassara, A., & Yáñez, G. (2003). Relación entre el espesor elástico de la litosfera y la segmentación tectónica del margen andino (15-47°S). *Revista Geológica de Chile, 30(2)*, 159-186.
- Thomson, S. (2002). Late Cenozoic geomorphic and tectonic evolution of the Patagonian Andes between latitudes 42°S and 46°S: An appraisal based on fission-track results from the transpressional intra-arc Liquiñe-Ofqui fault zone. *Geological Society of America Bulletin, 114(9)*, 1159-1173.
- Thomson, S. N., Hervé, N., & Stöckhert. (2001). Mesozoic-Cenozoic denudation history of the Patagonian Andes (southern Chile) and its correlation to different subduction processes. *TECTONICS, 20(5)*, 693-711.
- Toramaru, A., & Matsumoto, T. (2004). Columnar joint morphology and cooling rate: A starch-water mixture experiment. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 109(B2)*.
- Townley, B., MaksaeV, V., Palacios, C., Lahsen, A., & Parada, M. A. (2000). Base and precious metals geochemistry of rock units of the mainland Aysén region, Chilean Patagonia. *Journal of Geochemical Exploration, 68*, 21-46.
- Tricart, J. (1967). Le modelé des régions périglaciaires. En Tricart y Cailleux: *Traité de Géomorphologie. Tomo II. S.E.D.E.S.*:313 pp. París.

- Valdés Duran, A. (2005). *Petrología de la aureola metamórfica de contacto del Plutón Monzogranítico Río Murta. 46°24'-46°36' Latitud Sur, 72°40' y 72°35' Longitud Oeste, XI Región de Aysén, Chile.*
- Vargas, G., & Hervé, F. (1994). Mineralogía y condiciones de formación de las cavidades miarolíticas en el stock del Paso las Llaves, Aysen. *Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas 2*, (págs. 1259-1263). Concepción.
- Vargas, G., & Hervé, F. (1995). Emplazamiento hipabisal Mioceno Tardío del stock de Paso de Las Llaves en la región de tras arco, Aysén. *Comunicaciones N° 46*, 3-15.
- Vargas, G., Rebolledo, S., Sepúlveda, S., Lahsen, A., Thiele, R., & . . . Lara, M. (2013). Submarine earthquake rupture, active faulting and volcanism along the major Liquiñe-Ofqui Fault Zone and implications for seismic hazard assessment in the Patagonian Andes. *Revista Geológica de Chile, 40(1)*, 141-171.
- Vilches, A., Solbes, J., & Gil, D. (2004). ¿Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos? . *Alambique, 41*, 89-98.
- Webb, S., & Wood, B. (1986). Spinel-pyroxene-garnet relationships and their dependence on Cr/Al ratio. *contributions to Mineralogy and Petrology*, 471-480.

ANEXOS

ANEXO 1: FICHAS METODOLÓGICAS CUALITATIVAS

Tabla 8: Ficha para inventariar geositios, propuesta por la Sociedad Geológica de Chile.

Programa de Identificación de Geositios de la Sociedad Geológica de Chile		
<u>Ficha de Solicitud de aceptación de un Geositio</u>		Ficha Número:
Fecha de recepción	Fecha de evaluación	Fecha de resolución
(Columna a ser llenada por el proponente)		(Columna a ser llenada por la Comisión de Geositios de la SGCh)
Nombre propuesto para el Geositio:		
Fecha de envío:		
Comuna:		
Provincia:		
Región:		
Latitud :	Longitud :	
Indique con nota de 1 a 7 el o los valores principales del Geositio		
Valor	Nota	
Escénico		
Geológico		
Mineralógico		
Paleontológico		
Petrológico		
Geomorfológico		
Estructural		
Otros (indicar):		
Descripción del Geositio (No más de 20 líneas):		
Fotografías digitales del Geositio en archivo anexo (Indicar autor y si es posible fecha)		
Publicaciones que lo incluyen (No más de 3)		
Sugerencias de estudios científicos por realizar en él		
Nombre, mail y dirección del proponente		Aceptado Si/No
		Sugerencias al proponente Si/No
		Estado:
		Número de rol de

	Geositios:
--	------------

Tabla 9: Ficha de descripción de Geositios, propuesta por el grupo de geopatrimonio de la SEREMI de Minería de Aysén.

N° CGT – N° Geositios		NOMBRE	
Justificación (corto, no más de 3 líneas)			
Datum /Huso	Coordenada Este	Coordenada Sur	Altitud
Provincia	Comuna		Localidad más cercana
Propiedad del terreno		¿Figura de protección?	
Fiscal/Privado		í/No	¿Cuál?
<p>Descripción geológica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descripción general del geosítio (por ejemplo la característica distintiva del sitio, unidad geológica principal, si es un solo elemento o varios agrupados, ubicación, dimensiones, mapa geológico y/o cartográfico con la ubicación y perímetro del geosítio, etc.). • Geología del entorno (por ejemplo las unidades geológicas y/o unidad morfo-estructural donde se emplaza). • Descripción detallada del geosítio (siempre comenzar por aquello que está referenciado, y luego por lo observado en terreno): <ul style="list-style-type: none"> – Descripción litológica y/o paleontológica. – Fotografía del geosítio. – Descripción, referente al geosítio, de los procesos de deformación, formas de erosión, sedimentación y/o morfología. – Fotografías y/o esquemas de aspectos específicos del geosítio. – Edad (puede distinguirse entre edad cronoestratigráfica y la edad del proceso genético). – Proceso y contexto tectónico de formación. – Otras características geológicas relevantes, pero no necesariamente relacionados al aspecto que lo hacen geosítio. • Referencias bibliográficas utilizadas para la descripción de esta sección. 			
<p>Visibilidad y Acceso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descripción de los lugares para apreciar el geosítio, tanto el “ideal” como alternativos (puede ser de interés colocar las coordenadas). • Descripción detallada de cómo acceder al geosítio (carretera o ruta de acceso, especificar cuáles tramos pueden ser en vehículo y cuáles a pie, si es libre el acceso o debe solicitarse 			

<p>autorización previa, tiempo estimado de aproximación, dificultad y peligros del acceso, etc.), en relación a los distintos puntos de observación descritos anteriormente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa cartográfico especificando el acceso y rutas en general.
<p>Antecedentes para la Protección</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descripción de los usos (turístico, ganadero, agrícola, minero, etc.), actuales y potenciales, del geositio y/o del área que lo circunda. • Descripción del estado de conservación del geositio, considerando causas antrópicas (tipos de alteraciones como por ejemplo cortes de camino, rallados, basuras, extracción de muestras, etc.) y no antrópicas (procesos de erosión, fracturas, et.), junto con una breve descripción de la vulnerabilidad (por ejemplo producto a potenciales amenazas relacionadas a la minería, entre otras).
<p>Antecedentes no geológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breve descripción (no más de un párrafo), cuando sea relevante y debidamente referenciada, de antecedentes no geológicos (arqueológico, ecológico, paisajísticos, cultural, etc.) que aumentan el valor científico y/o patrimonial del geositio. • Referencias utilizadas para describir los antecedentes no geológicos de esta sección.
<p>Propuesta de estudios científicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descripción de posibles estudios científicos, verosímiles de ser realizados, que podrían complementar la caracterización del geositio (por ejemplo cortes transparentes, estudios geofísicos, dataciones, etc.).
<p>Autores de la propuesta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de los autores de la propuesta de geositio y su filiación académica-laboral.

Tabla 10: Ficha metodológica propuesta por Brilha (2015) para inventariar geositios en áreas extensas, tomando en consideración solo el valor científico.

Geositios	
Inventario de áreas limitadas	Inventario de áreas extensas
Revisión de literatura geológica Consultar con profesionales en el área	
	Definición del contexto geológico y asignación de un coordinador científico. Caracterización científica de cada contexto geológico. Identificación de geositios representativos de cada contexto geológico
Lista de potenciales geositios	Lista de potenciales geositios por contexto geológico

<p>Trabajo de campo para identificación de nuevos geositos y para una evaluación cualitativa de cada geosito en la lista de potenciales geositos, basado en los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Representatividad - Integridad - Rareza - Conocimiento Científico 	
Lista final de geositos con su respectiva caracterización	Lista final de geositos por contexto geológico con su respectiva caracterización
Evaluación cuantitativa del valor científico (VC)	
Evaluación científica del riesgo de degradación (RD)	
Lita final de geositos en el área ordenados por VC y RD	Lista final de geositos en el área por contexto geológico. Ordenados por VC y RD
Eventual evaluación cuantitativa del potencial educacional y turístico	

ANEXO 2: MUESTRAS

MUESTRAS DE MANO

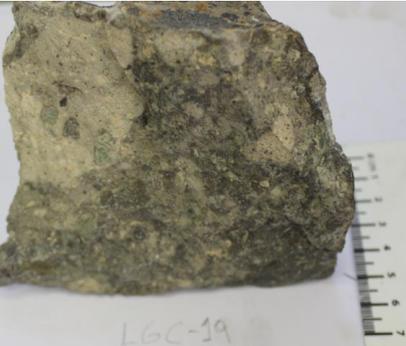
Tabla 11: Muestras de Mano

Muestra	GPS		Descripción Macroscópica	Imagen
LCG-1	670418 E	4804715 S	<p>Cuarzo 30%,Feld-k 35%,Plg 28%,Hnb 7%.</p> <p>Observaciones: Este granito corresponde a un dique que se encuentra intruyendo a las rocas del CMAO. Además los minerales maficos se encuentran oxidados</p> <p>Clasificación: Granito de biotita</p>	

<p>LCG-2</p>	<p>670418 E</p>	<p>4804715 S</p>	<p>Muscovita 60, Cuarzo 40</p> <p>Observaciones: Los minerales presentan una estructura bandeada, orientadas paralelas al bandeamiento. Una textura lepidoblastica</p> <p>Clasificación: Esquisto de cuarzo y Muscovita</p>	
<p>LCG-3</p>	<p>670767 E</p>	<p>4805102 S</p>	<p>Cuarzo 60% Feld-k 30,Plg 7% Hb 3%</p> <p>Observaciones: Obtenida de uno de los diques que cruzan al CMAO, esta muestra se encuentra intensamente silicificada</p> <p>Clasificación: Granitoide rico en cuarzo</p>	
<p>LCG-4</p>	<p>691054 E</p>	<p>4814712 S</p>	<p>Cuarzo 25,PLg 15%,Hbn 7%,Matriz ceniza 53%</p> <p>Observaciones: Bastante meteorizada. Los fragmentos son angulosos con tamaños de 1 a 4 mm. Los minerales maficos se encuentran oxidados y alterados</p> <p>Clasificación: Toba cristalina/ Toba de Lapilli brechosa</p>	

<p>LCG-6</p>	<p>702081 E</p>	<p>4832662 E</p>	<p>Qz 30% Plg 20, Hbn+Bt 40%,Feld-K 10%</p> <p>Observaciones: Presenta magnetismo. Este se encuentra intruyendo a la Fm. Ibáñez.</p> <p>Textura porfídica con cristales de cuarzo 0,5 a 4mm. Cristales de plagioclasas de 1-3mm. Biotitas de 1-6 mm y hornblenda 2-7 mm</p> <p>Clasificación: Monzogranito</p>	
<p>LCG-7</p>	<p>703057 E</p>	<p>4833718 S</p>	<p>Qz 60%, Plg 20%,Hbn 10%,Feld-K 10%</p> <p>Observaciones: Muestra obtenida en las cercanías del contacto del granito con la Fm. Ibáñez, presenta un cambio del índice de color, además de presentar una textura fanerítica. Posiblemente presenta un enclave máfico.</p> <p>Clasificación: Granito rico en cuarzo</p>	
<p>LCG-10</p>	<p>703344 E</p>	<p>4834632 S</p>	<p>Observaciones: Fragmentos polimicticos, principalmente de cuarzo, líticos y plagioclasa en menor medida. Los fragmentos son angulosos e irregulares. La matriz no se reconoce a muestra de mano, sin embargo hay una fuerte silicificación la cual actúa</p>	

			<p>como cemento.</p> <p>Clasificación: Brecha de andesita</p>	
LCG-12	286128 E	4835643 S	<p>Bt 25%,Px 25%,Plg 40%,Qz 10%</p> <p>Observaciones: Roca hipocristalina, el tamaño de los cristales es inequigranular, porfídica, de grano grueso. La matriz vitrofirica. Presenta magnetismo leve</p> <p>Clasificación: Cuarzo latita</p>	
LCG-15	285860 E	4834913 S	<p>Px 20%,Plg 35%,Qz 10%, Hbn 35%</p> <p>Observaciones:Hipocristalina, inequigranular, con textura porfídica de grano medio a grueso, matriz vítrea. Alteración de óxidos de hierro.</p> <p>Clasificación: Andesita Porfídica</p>	
LCG-17	283581 E	4836930 S	<p>Qz 20%,Plg 25%,Bt 25%,Líticos 30%</p> <p>Observaciones: Fragmentos angulosos a subredondeados de 1-9 mm, presenta juveniles de pómez principalmente, presenta líticos que debido a la meteorización no se puede distinguir su proveniencia. Además presenta cristales de</p>	

			<p>cuarzo y plagioclasas de color blanco lechoso, aunque las plagioclasa se encuentran bastante alteradas. La matriz es de lapilli fina de color rosado.</p> <p>Clasificación: Toba lítica de lapilli brechosa</p>	
LCG-18	283171 E	4837061 S	<p>Px 35%,Plg 35%,Hbn 25%</p> <p>Observaciones: Índice de color 30 %, hipocristalina, inequigranular, porfídica, tamaño de grano fino a medio, la forma de los cristales es hipidiomorfica. Muestra de intrusión en secuencias de la Formación Ibáñez.</p> <p>Clasificación: Andesita basáltica</p>	
LCG-19	283171 E	4837061 S	<p>Qz 25%, Plg 25%,Líticos 35%, juv 15%</p> <p>Observaciones: cristales de cuarzo de 1-3 mm, con plagioclasa levemente alteradas 1-5 mm, además presenta líticos de distintos tamaños (3mm-50 mm) con cristales en su interior que presentan alteración propilítica.</p> <p>Clasificación: Toba lítica de lapilli</p>	

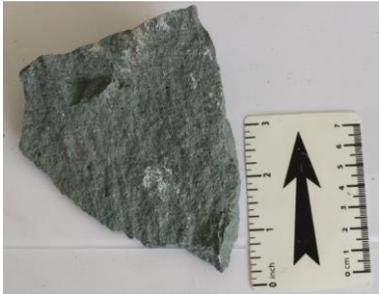
<p>LCG-21</p>	<p>281640 E</p>	<p>4836014 S</p>	<p>Plg 55, Oliv 20%, Pxn 25%</p> <p>Observaciones: Masa fundamental compuesta por plagioclasa, olivino y piroxeno. La roca es holocristalina, fanerítica de grano fino. No presenta estructuras ni morfologías especiales. Su enfriamiento posiblemente fue rápido, pues no tiene fenocristales, más bien pareciera ser una masa fundamental cristalina, salvo por cristales de plagioclasa de 0.5-1 mm de tamaño.</p> <p>Clasificación: Basalto</p>	
<p>LCG-22</p>	<p>281640 E</p>	<p>4836014 S</p>	<p>Plg 40%, Oliv 10%, Pxn 10%, Masa fund 30%</p> <p>Observaciones: hipocristalina con textura porfídica con fenocristales de olivino y masa fundamental de grano fino de plagioclasa mas vidrio y posiblemente piroxeno y olivino. Presenta xenolitos de olivino de 5mm a 2 cm</p> <p>Clasificación: Basanita porfírica</p>	

<p>LCG-23</p>	<p>281515 E</p>	<p>4869280 S</p>	<p>Qz 15%, Olv 10%,Pxn 35%,Masa vítrea 30%</p> <p>Observaciones: Roca con un índice de color alto, hipocristalina, inequigranular, porfídica de grano fino con estructura homogénea y fabrica isótropa</p> <p>Clasificación:Mugearita (Andesita Basáltica)</p>	
<p>LCG-25</p>	<p>287676 E</p>	<p>4831483 S</p>	<p>Bt 20%,Hb 15%,Plg 35%, Feld-k</p> <p>Observaciones: hipocristalina, inequigranular, fanerítica, grano fino a medio.</p> <p>Clasificación:Andesita microfanerítica de hornblenda</p>	
<p>LCG-26</p>	<p>282500 E</p>	<p>4818244 S</p>	<p>Plg 55%, Olv 20%,Pxn 25%</p> <p>Observaciones: Esta muestra es un rodado, que posiblemente era una bomba por su forma aerodinámica. Masa fundamental compuesta por plagioclasa, olivino y piroxeno. La roca es holocristalina, fanerítica de grano fino. No presenta estructuras ni morfologías especiales. Su enfriamiento posiblemente fu rápido, pues no tiene fenocristales, más bien pareciera ser una masa fundamental cristalina, salvo</p>	

			<p>por cristales de plagioclasa de 0.5-1 mm de tamaño.</p> <p>Clasificación: Basalto</p>	
LCG-27	282500 E	4818244 S	<p>Observaciones: Masa fundamental compuesta por plagioclasa, olivino y piroxeno. La roca es holocristalina, fanerítica de grano fino. No presenta estructuras ni morfologías especiales. Su enfriamiento posiblemente fue rápido, pues no tiene fenocristales, más bien pareciera ser una masa fundamental cristalina, salvo por cristales de plagioclasa de 0.5-1 mm de tamaño</p> <p>Clasificación:</p>	
LCG-29			<p>Plg 25%, Pomez 40%, Qz 15%, Bt 20%</p> <p>Observaciones: Presenta juveniles de pómez, cristales de cuarzo, plagioclasa y biotita, todos con tamaño lapilli fino, el índice de color es bajo, siendo de color rosado pálido. La matriz ocupa cerca del 40 % de la roca, la cual está compuesta principalmente por pómez</p> <p>Clasificación: Toba vitrea</p>	

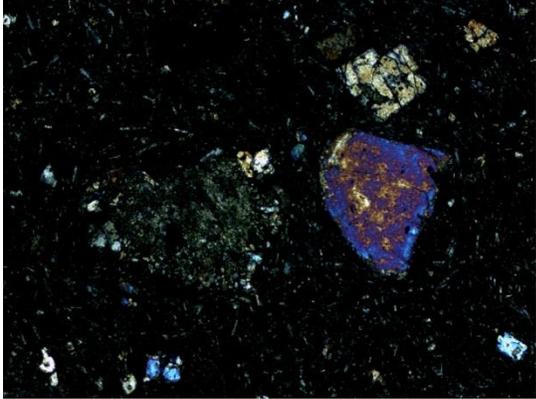
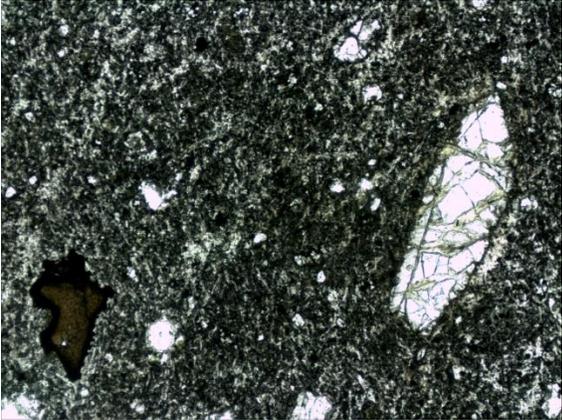
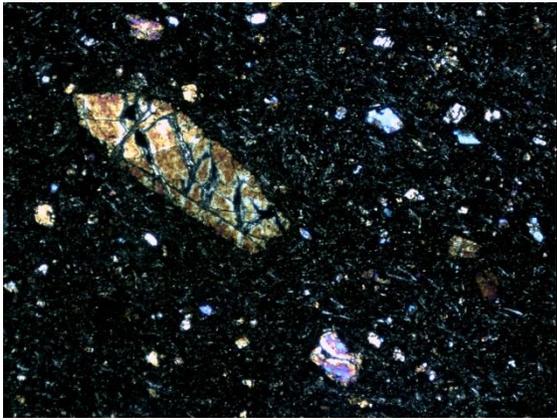
<p>LCG-30</p>			<p>Plg 30%,Qz 25%,Anf 35%</p> <p>Observaciones: Presenta cristales de plagioclasa alterados y aguilizados, presenta cristales de cuarzo y cristales de anfíbol alterados. La roca se encuentra fuertemente silicificada</p> <p>Clasificación:Riodacita de anfíbol</p>	
<p>LCG-31</p>			<p>Observaciones: Roca con una fuerte alteración hidrotermal, posiblemente cuarzo sericita. Se observan arcillas, cuarzo recristalizado.</p> <p>Clasificación: Obliterada, pero a partir de la litología que la rodea se podría asignar como Andesita</p>	
<p>LCG-32</p>			<p>Qz 35%,Hbn 20%, Bt 15%,Plg 30%</p> <p>Observaciones: presenta fuerte alteración donde se observan biotitas alteradas a arcillas. Textura porfídica con cristales de plagioclasa, anfíbol y biotitas. La masa fundamental esta obliterada y fuertemente silicificada</p> <p>Clasificación:Riodacita de anfíbol</p>	

<p>LCG-33</p>		<p>Qz 25%,Plg 25%,Bt 20%,Matriz 50%</p> <p>Observaciones: presencia de líticos 5mm a 3 cm cristales de 0,5-2 mm de cuarzo feldespato y biotita. Hay presencia de pómez 0,5 mm. La matriz micro cristalina es de cuarzo principalmente</p> <p>Clasificación:Toba crisalina</p>	
<p>LCG-34</p>		<p>Qz 25%,Plg 20%,lític 25%,Matriz 30%</p> <p>Observaciones: Roca con abundantes líticos, algunos de los cuales se encuentran alterados (clorita). También hay cuarzo, plagioclasa, algunas anfíbol, biotitas y plagioclasa, las cuales se encuentran medianamente alteradas (cloritizados). La matriz es de color morado pálido, silicificada, pero con presencia de cuarzo y plagioclasa. Los líticos son subangulosos a subredondeados van desde los 4 mm a 2 cm.</p> <p>Clasificación: toba cristalina/ toba de lapilli brechosa</p>	

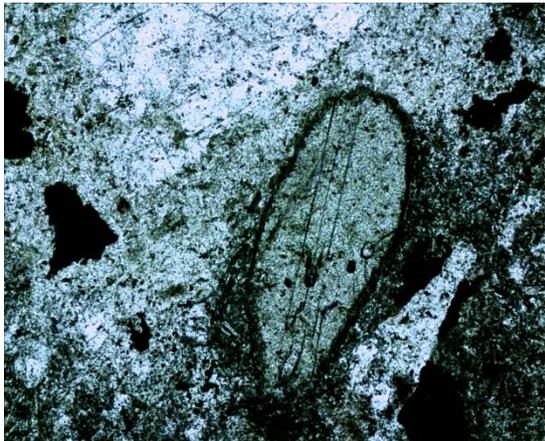
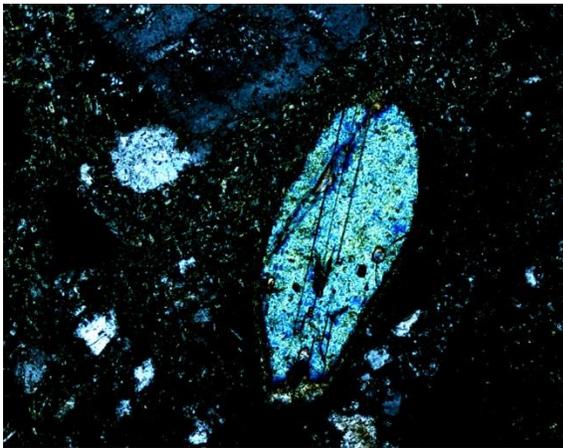
<p>LCG-35</p>			<p>Qz 35%,Plg 15%,lític 20%,Matriz 30%</p> <p>Observaciones: roca que presenta líticos de menor tamaño, de 0,5-2 mm al igual que los cristales de cuarzo y plagioclasa, es decir un tamaño de ceniza gruesa a lapilli. Presenta crecimiento de cristales de calcita posiblemente debido al paso de fluidos. Presenta plagioclasa y algunas micas. La matriz es de color verde claro, microcristalino con presencia de cuarzo y calcita. los líticos son subangulosos a subredondeados</p> <p>Clasificación: Toba cristalina / Toba de Lapilli</p>	
<p>LCG-37</p>			<p>Qz 35%,Plg 30%,Feldespatos 15%,Bt 15%</p> <p>Observaciones: Textura afanítica, hipocristalina, de grano fino, distribución de los cristales es homogénea, no presenta morfologías especial. Presenta alteración propilitica leve, además de cristalización de calcita</p> <p>Clasificación:Dacita/riodacita</p>	

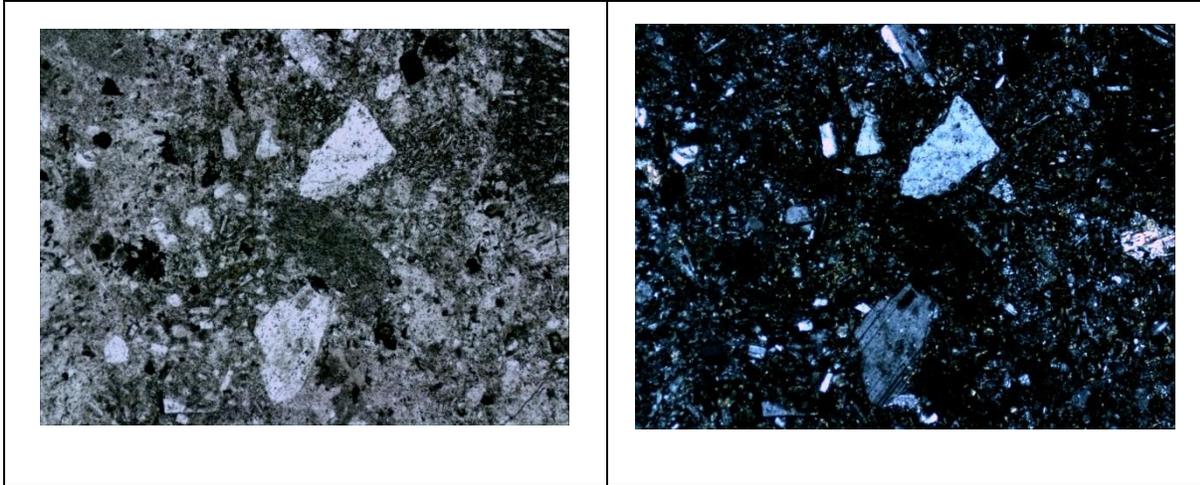
MUESTRAS MICROSCÓPIO

		MUESTRA	LCG-22
PROCEDENCIA		COORDENADAS	
		ESTE	SUR
Cerro Lapiz		281646 E	4835996 S
Litología Macroscópica / Textura		Basanita Porfirica	
Litología Microscópica / Textura		Andesitabasaltica de olivino / Porfirica	
Minerales Primarios		%	Características / Ocurrencia
Piroxeno	Ortopiroxeno	5	Se presenta tanto en la masa fundamental y como fenocristal, poseen formas subhedrales a euhedrales, con tamaños desde los 0.1 a 1mm. Algunos cristales se agrupan formando textura glomeroporfirica.
	Clinopiroxeno	15	Se presenta tanto en la masa fundamental y como fenocristal, poseen formas subhedrales a euhedrales, con tamaños desde los 0.1 a 1mm. Algunos presentan textura coronítica, subofítica y en algunos textura vesicular.
Plagioclasa		50	Esta se encuentra principalmente en la masa fundamental, subhedrales, presenta una textura intergranular y traquitoide
Olivino		10	Principalmente como fenocristales, pero también se encuentra en la masa fundamental. Presenta forma subhedral, con tamaños desde 0.3 a 1.2 mm. Presenta textura de reabsorción
Opacos		5	No se puede distinguir cual específicamente, pero debido al magnetismo de la muestra de mano puede ser magnetita.
Vidrio		15	Principalmente en la masa fundamental, entre los microlitos de plagioclasa, se presenta en color marrón

Fotomicrografía	
Nicoles Paralelos	Nicoles Cruzados
	
	

MUESTRA		LCG-23
PROCEDENCIA	COORDENADAS	
	ESTE	SUR
Mugaritas	281515 E	4869280 S
Litología Macroscópica / Textura	Andesita Basáltica	
Litología Microscópica / Textura		
Minerales Primarios	%	Características / Ocurrencia

Piroxeno	10	Formando parte de la masa fundamental
anfíbol	10	Se observan fenocristales de anfíbol con tamaños de 0.4 a 1 mm. Con alguna alteraciones presentando textura de borde de reacción.
Plagioclasa	35	Se encuentra como fenocristales, con tamaños entre 0.3 a 1 mm. Y en la masa fundamental, con tamaños microcristalinos a 0.1 mm. Se puede apreciar texturas glomeroporfíricas y de reabsorción en los fenocristales
Feld-K	25	Fenocristales de hasta 1 mm, y en la masa fundamental entre los microlitos de plagioclasa
Olivino	5	Escasos fenocristales
Vidrio	15	Formando parte de la masa fundamental, de color café
Minerales Secundarios	%	Características / Ocurrencia
Clorita	10	Se encuentra reemplazando a micas
Fotomicrografía		
Nicoles Paralelos		Nicoles Cruzados
		

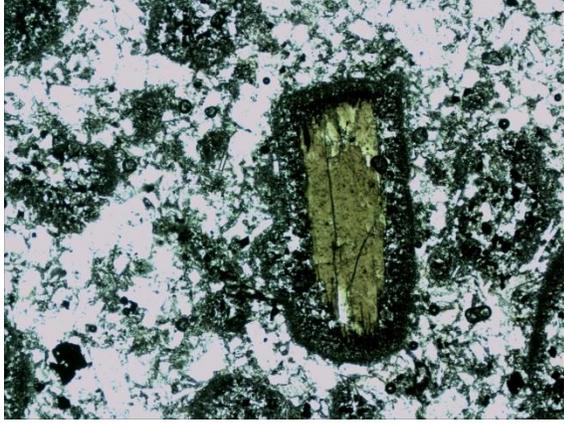


		MUESTRA	LCG-25
PROCEDENCIA	COORDENADAS		
	ESTE	SUR	
Cerro Apidame	287676 E	4831483 S	
Litología Macroscópica / Textura	Andesita microfanerítica de hornblenda		
Litología Microscópica / Textura			
Minerales Primarios	%	Características / Ocurrencia	
Masa fundamental		Esta presenta texturas vesicular.	
Plagioclasa	40	Presenta como microcristales y también como cristales hasta 0,3 mm, los cuales son subhedrales a euhedrales con mediana integridad. La mayoría se encuentran alteradas a arcillas, clorita y epidotas. También presenta bordes de descomposición y zonación en algunos de los cristales de mayor tamaño. También se observan cúmulos de distintas poblaciones de tamaño (textura glomeroporfídica)	
hornblenda	10	Subhedrales, con tamaños de 0.3 a 1 mm, solo presente como 'fenocristal', estas se encuentran fuertemente alteradas. Se pueden	

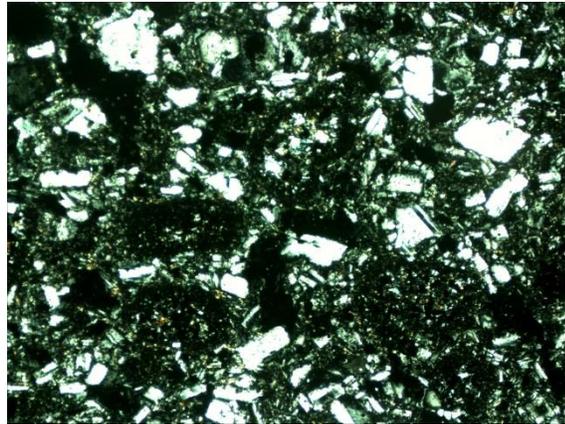
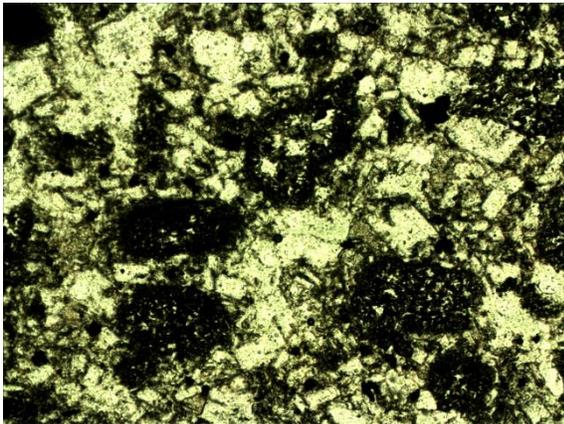
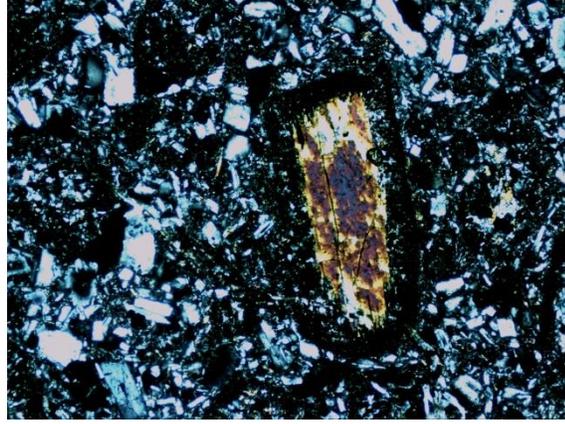
		observar texturas coronítica y bordes de descomposición
Feld-K	5	Presente en la masa fundamental con tamaños menores a los 0.3 mm, estos se observan sucios debido a la presencia de arcillas
Opacos	5	Posiblemente hay presencia de magnetita
vidrio		Hay presencia en la masa fundamntal entre los microlitos de plagioclasa
Minerales Secundarios	%	Características / Ocurrencia
Clorita	10	Se observa reemplazando algunos minerales maficos como hornblenda con tamaños desde los 01 a 0.5 mm. Principalmente en la masa fundamental.

Fotomicrografía

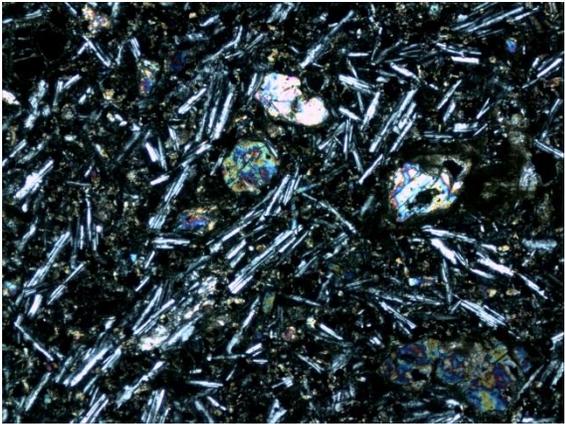
Nicoles Paralelos



Nicoles Cruzados



		MUESTRA	LCG-27
PROCEDENCIA	COORDENADAS		
	ESTE	SUR	
Basaltos Inferiores Chile Chico	282500 E	4818244 S	
Litología Macroscópica / Textura	Basalto de Olivino		
Litología Microscópica / Textura	Basalto de olivino		
Minerales Primarios	%	Características / Ocurrencia	
Piroxeno	15	Se observan cristales agrupados formando una textura glomeroporfírica. También presenta textura de bordes de descomposición y de reacción	
Plagioclasa	40	Esta la encontramos como cristales con una textura intergranular. Los cristales presentan tamaños menores a los 0.1mm hasta los 0.4 mm.	
Olivino	10	Se observan fenocristales de olivino, además de cristales de olivino entre los cristales de plagioclasa. Algunos de los cristales presentan textura de reabsorción	
Opacos	10	Se observan algunos cristales opacos, que pudiesen corresponder a magnetita	
Vidrio	15	Se encuentran principalmente en la masa fundamental, se presenta de color marrón y en algunos cristales de plagioclasa.	
Minerales Secundarios	%	Características / Ocurrencia	
Clorita	3	Se observan pequeños cristales alterando a las plagioclasas y piroxenos	

Fotomicrografía	
Nicoles Paralelos	Nicoles Cruzados
	

MUESTRA	LCG-15
---------	--------

PROCEDENCIA	COORDENADAS	
	ESTE	SUR
Cerro Cuadro	285860 E	4834913 S
Litología Macroscópica / Textura	Andesita porfírica de hornblenda	
Litología Microscópica / Textura		
Minerales Primarios	%	Características / Ocurrencia
Piroxeno		fenocristales
Plagioclasa	40	Se observa como fenocristales y como microlitos
Anfibol		Se encuentra principalmente como fenocristales 0.1-1cm
Feld-K		Fenocristales y masa
Cuarzo		

Vidrio		
Minerales Secundarios	%	Características / Ocurrencia
Clorita	10	
Fotomicrografía		
Nicoles Paralelos		Nicoles Cruzados
		
		