



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**GEOLOGÍA Y GEOPATRIMONIO DEL ÁREA DE
CERRO CASTILLO, XI REGION DE AYSÉN, CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

NICOLÁS IGNACIO ARAVENA BENDECK

PROFESOR GUÍA:

MAURICIO CALDERÓN NETTLE

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

FRANCISCO HERVÉ ALLAMAND

MANUEL SUÁREZ DITTUS

SANTIAGO DE CHILE

2014

Resumen

El siguiente documento corresponde a la investigación realizada para confeccionar la Memoria para optar al Título de Geólogo del autor. El estudio fue llevado a cabo en la localidad de la Villa Cerro Castillo (46° 05' S), XI Región de Aysén, Chile. El propósito de la investigación corresponde a identificar las unidades que afloran en la zona de estudio, con el fin de aportar a los modelos de evolución geodinámica de la región. Para luego, poner a disposición de la comunidad local la información generada, a base de una propuesta de lugares de interés geológico.

Para el desarrollo de la investigación se llevó a cabo una campaña de terreno, en la cual se recolectaron 39 muestras de las distintas unidades presentes en la zona de estudio. De estas muestras, se obtuvieron secciones transparentes para su posterior análisis petrográfico. El análisis, permitió proponer la secuencia estratigráfica para la zona de estudio, la cual corresponde al Grupo Coyhaique. Existen concordancias entre la caracterización de esta secuencia con respecto a la evolución regional propuesta por Suárez *et al.*, 2009 y 2009b. Así mismo, fueron descritas asociaciones minerales asignadas a facies de esquistos verdes, las cuales se han descrito tanto en las rocas estratificadas como en las múltiples unidades intrusivas. Además, se han propuesto lugares de interés geológico, tanto en la zona de estudio como en las áreas aledañas.

De los principales resultados fue posible concluir que en la zona existe un fidedigno registro de la evolución mesozoica de la región. Sin embargo, no fue posible establecer de manera certera los tiempos de emplazamiento de los diversos cuerpos intrusivos. Es debido a lo anterior que se propuso el nombre de Complejo Intrusivo Cerro Castillo (CICC) para la zona de estudio, y se recomiendan análisis posteriores, para la total comprensión de los tiempos y mecanismos de emplazamiento.

Agradecimientos

A toda mi familia (including my brother Jv),y en especial a mi madre y hermana, quienes siempre me han apoyado y alentado, no solo en este contexto universitario sino durante toda mi vida y en todos los ámbitos de ella. Por su incondicionalidad y amor, les estoy infinitamente agradecido! LAS AMO!

A todos aquellos que conocí y las distintas experiencias que vivimos juntos durante esta etapa universitaria. A las Carnes!, Moy, Fraile, Puyol, Seba, Pablo, Naty, Diegol, Palmera. A mi equipo de basket de ingeniería, con quienes compartí infinitas experiencias y aprendí mucho de ellos, Julio, Fito, Chico, Chona, Milton, Oscar, Huaso, Seba, Fabian, Alvarillo, Cristian, Jordan, Mati. A los cabros del depa! Cuantos almuerzos y tardes de break, ese lugar me hacía sentir en familia, Daniel, Vicho, Palape y todos los otros gurus que también formaban parte, Jorge, Chino, Wernere, Marito, Polanko, Sobrino, Max .A todo mi curso, grande PDL!!, cuantos buenos recuerdos de todos los terrenos y demases, en especial a Feña, Turco, Vicho, Daniel, Nico, Andrés. Al equipo de basket de la U, donde aprendí tanto, Profe Osvaldo, Gúte, Ramita, Chona, Fito, Johan, Felipe ,Doc, Benja, Villa, Rojas, Zurdo. Además, Mauri, Chumis, Paulo, Nico, Marta, Dieguito, Vale, Edu, Juancho ,Juanfi, gracias por todo.

A todos los que de una u otra manera fueron parte de la campaña de terreno, a Paulo por su apoyo y buena onda durante todo el terreno, y toda su familia por la cálida acogida en Coyhaique. A Mauricio “Caldera” Calderón, quien participo de la última etapa de terreno y fue de vital importancia para el correcto desarrollo de esta. A Cristian Vidal y su señora Mary e hijo, quienes además de recibir siempre con las puertas abiertas y una sonrisa, prestaron ayuda para el desarrollo logístico del terreno, desde la facilitación de equipo hasta traslados a caballo nunca esperando algo a cambio. A toda la comunidad de Villa Cerro Castillo.

A todos aquellos que dispusieron de su tiempo para ayudar a realizar un mejor trabajo al momento de elaborar este documento. En particular a Moyra M., Galle F., Rodrigo M., Begoña U., Iván R. y Joaquín N. y a tantos que aportan con el solo hecho de preguntar o discutir algunos temas.

A los profesores, a Manuel Suarez por creer en esta idea y financiar la campaña de terreno con el Proyecto FONDECYT 1121140. A Caldera, por su aporte tanto en terreno como en descripciones y gabinetes, un grande! A Francisco Hervé, tanto por el conocimiento como por la forma de entregarlo, eres una inspiración!!

A mi pequesa hermosa, quien ha sido parte vital para el cierre de esta etapa. Ella me inspira, a ser mejor, a sentir, a no tener miedo, a creer en mí, a vivir. Por eso y mucho mas, Carolina Peña, TE AMO!

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| Resumen | i |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Presentación | 1 |
| 1.2 Objetivos Generales: | 2 |
| 1.2.1 Objetivos específicos: | 2 |
| 1.3 Hipótesis: | 2 |
| 1.4 Metodología | 2 |
| 1.4.1 Metodología Objetivo General 1 | 2 |
| 1.4.2 Metodología Objetivo General 2 | 3 |
| 1.5 Ubicación y Vías de Acceso | 4 |
| 2. Antecedentes | 5 |
| 2.1 Geología..... | 5 |
| 2.1.1 Paleozoico..... | 5 |
| 2.1.2 Mesozoico..... | 6 |
| 2.1.3 Cenozoico | 10 |
| 2.1.4 Pleistoceno-Holoceno | 10 |
| 2.1.5 Holoceno..... | 11 |
| 2.2 Geomorfología | 14 |
| 2.3 Geología Estructural | 16 |
| 2.4 Evolución Geodinámica..... | 19 |
| 3. Resultados | 23 |
| 3.1 Petrografía..... | 23 |
| 3.1.1 Unidades Estratificadas | 24 |
| 3.1.2 Rocas Intrusivas..... | 45 |
| 3.1.3 Rocas corneas u obliteradas..... | 51 |
| 3.2 Mineralización secundaria | 54 |
| 3.3 Mapa Geológico zona de estudio (Escala 1:10.000)..... | 56 |
| 3.4 Resultados Geopatrimonio..... | 58 |
| 4. Discusiones..... | 65 |

| | |
|-----------------------|----|
| 5. Conclusiones | 69 |
| 6. Bibliografía..... | 71 |
| 7. Anexos..... | 76 |

Índice de Fotografías

| | |
|---|----|
| Fotografía 1: Las flechas indican las terrazas conformadas por depósitos deltaicos asociados a la paleo-desembocadura del Rio Ibáñez en el Lago General Carrera/Buenos Aires. | 11 |
| Fotografía 2: Depósitos de llanura de inundación, estos se encuentran en la zona del Salto del Rio Ibáñez, al sur de la zona de estudio..... | 12 |
| Fotografía 3: Depósitos eólicos (flecha roja) en la zona de desembocadura actual del Rio Ibáñez en el Lago General Carrera/Buenos Aires. De fondo pueden apreciarse afloramientos asociados a la Formación Ibáñez. | 13 |
| Fotografía 4: Vista hacia el S desde el Cerro Castillo, abajo se observa la Laguna Castillo. | 24 |
| Fotografía 5: Afloramientos Formación Ibáñez al S de la zona de estudio..... | 25 |
| Fotografía 6: Afloramiento Formación Ibáñez y lugar de muestreo. | 26 |
| Fotografía 7: Se observan los lugares de muestreo y la disposición de los afloramientos. La línea punteada indica el contacto inferido entre las 2 unidades. | 28 |
| Fotografía 8: Afloramiento y zoom del lugar específico de la obtención de la muestra CC 1437(Lava andesítica)..... | 29 |
| Fotografía 9: Afloramiento Formación Toqui. | 30 |
| Fotografía 10: Contacto entre el techo del afloramiento y dique que lo intruye. Es importante notar como aumenta la concentración de granate hacia la intrusión..... | 31 |
| Fotografía 11: Se pueden observar las morfologías curvas del afloramiento..... | 31 |
| Fotografía 12: Detalle del afloramiento. Es posible apreciar el relieve negativo y color blanco, que corresponde a calcita, mientras que el relieve positivo y tonos pardos corresponden a granate. | 32 |
| Fotografía 13: Afloramiento Formación Katterfeld (muestra CC 1429), mientras que la muestra CC 1430 corresponde a un sill de aprox. 1,5 m de espesor que se encuentra intruyendo la secuencia. | 36 |
| Fotografía 14: Contacto inferido (línea punteada roja) entre Formación Toqui y Formación Katterfeld. Además, la línea punteada amarilla muestra la traza de la estructura NE descrita en la zona de estudio..... | 37 |
| Fotografía 15: Lugar de muestreo de CC1412 y CC1414, descritas como Meta-Limolita y Meta-GrauWacka, respectivamente. Además se observa la estratificación en el afloramiento de la muestra CC 1414 (en el rectángulo, abajo a la izquierda). | 38 |

| | |
|--|----|
| Fotografía 16: Las flechas rojas indican los bloques caídos, los cuales presentan litologías de areniscas con intercalaciones subordinadas de lutitas y por lo tanto asociados a la Formación Apeleg. | 41 |
| Fotografía 17: Bloque asignado a la Formación Apeleg, notar las intercalaciones de lutitas y la laminación cruzada que presentan. | 42 |
| Fotografía 18: Bloque en detalle. Se puede apreciar las intercalaciones de areniscas y lutitas, además de laminación cruzada. | 43 |
| Fotografía 19: Líneas punteadas indican los contactos entre los distintos cuerpos intrusivos.. Muestra CC 1401: Cuerpo hipabisal andesítico; Muestra CC 1404: (Micro) Granito. (SM): Sin muestra. | 47 |
| Fotografía 20: Segunda área de afloramientos de cuerpos tabulares sub-horizontales. Línea punteada indica el contacto entre los distintos cuerpos intrusivos. | 48 |
| Fotografía 21: Granito (CC 1417) intruido por un dique andesítico de aprox. 3 m de espesor. | 50 |
| Fotografía 22: Vista general de la laguna, notar el glaciar colgante en el Cerro Castillo. Las flechas rojas indican los depósitos de morrenas laterales..... | 60 |
| Fotografía 23: Vista superior de la Laguna Castillo, a los pies del Cerro homónimo..... | 61 |
| Fotografía 24: Visión panorámica desde el mirador. La flecha indica el Cerro Castillo. | 62 |
| Fotografía 25: Panel explicativo que se encuentra en el mirador..... | 62 |

Índice de Imágenes

| | |
|---|----|
| Imagen 1: Ubicación zona de estudios. En el zoom (derecha) se observa la zona de estudio (rectángulo blanco) y la línea punteada corresponde a la Ruta 7. | 5 |
| Imagen 2: Mapa geomorfológico de la región, el rectángulo indica la zona de estudio (Modificada de Scalabrino et al., 2010). | 14 |
| Imagen 3: Modificada de Scalabrino <i>et al.</i> , 2010, las líneas punteadas indican los límites de los distintos dominios geomorfológicos presentes. | 15 |
| Imagen 4: Mapa simplificado de la región del Punto Triple de Chile (CTJ, en la imagen) y marco tectónico de la subducción del Ridge del Sur de Chile (SCR), modificado de Scalabrino <i>et al.</i> , 2010. La zona de estudio se indica en el rectángulo rojo. | 16 |
| Imagen 5: Mapa geológico y estructural de la región (Modificada de Scalabrino <i>et al.</i> , 2010).La zona de estudio se muestra en el rectángulo rojo, además de las orientaciones preferenciales de los lineamientos (arriba derecha). | 17 |
| Imagen 6: Depresión del lago Lapparent (Modificada de Scalabrino <i>et al.</i> , 2010). Es posible observar los límites de esta sub- cuenca (líneas rojas). | 18 |
| Imagen 7: Perfil general depresión lago Lapparent (Extraído de Scalabrino <i>et al.</i> , 2010). | 19 |
| Imagen 8: Extensión de la Cuenca Austral (Extraída de Suárez et al., 2009)..... | 20 |

| | |
|--|----|
| Imagen 9: Columna estratigráfica de la Cuenca de Aysén (Modificada de Suárez et al., 2009b)..... | 21 |
| Imagen 10: Distribución del muestreo realizado, el mapa base corresponde a la carta N°124(Quiroz y Bruce ,2010). | 23 |
| Imagen 11: Fotomicrografías de muestra CC1434A (Toba con líticos) con objetivo 5x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda)..... | 27 |
| Imagen 12: Fotomicrografías de muestra CC1434B (Lava andesítica) con objetivo 5x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda)..... | 27 |
| Imagen 13: Fotomicrografías de muestra CC1421 (Meta-Coquina) con objetivo 5x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda)..... | 33 |
| Imagen 14: Fotomicrografías de muestra CC1421 con objetivo 10x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda). | 33 |
| Imagen 15: Afloramiento de Formación Katterfeld en la zona de estudio (izquierda); Afloramiento Formación Katterfeld al NW de Coyhaique (derecha). | 35 |
| Imagen 16: Fotomicrografías de muestra CC1429 (Lutita) con objetivo 10x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda)..... | 39 |
| Imagen 17: Fotomicrografías de muestra CC1422 (Arenisca con intercalaciones de lutitas) con objetivo 5x, nicoles paralelos (Izquierda) y cruzados (derecha). | 40 |
| Imagen 18: Columna estratigráfica de la zona de estudio, con la ubicación de las muestras obtenidas..... | 44 |
| Imagen 19: Fotomicrografías de muestra CC1410 (Diorita) con objetivo 5x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda)..... | 45 |
| Imagen 20: Fotomicrografías de muestra CC1403 (Granito) con objetivo 5x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda)..... | 46 |
| Imagen 21: Fotomicrografías de muestra CC1418 (Diorita) con objetivo 5x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda)..... | 49 |
| Imagen 22: Fotomicrografías de muestra CC1420 (Micro-Diorita) con objetivo 5x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda)..... | 49 |
| Imagen 23: Fotografías de las distintas áreas de afloramiento de cuerpos ígneos orientados, notar que todos los contactos son planos y nítidos..... | 51 |
| Imagen 24: Fotomicrografías de muestra CC1403 con objetivo 5x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda). | 53 |
| Imagen 25: Fotomicrografías de muestra CC1438 (Meta-Diorita) con objetivo 5x, nicoles paralelos (izquierda) y cruzados (derecha)..... | 54 |
| Imagen 26: Fotomicrografías de muestra CC1420 (Diorita) con objetivo 10x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda)..... | 55 |
| Imagen 27: Fotomicrografías de muestra CC1440 (Roca córnea de epidota/clorita) con objetivo 10x, nicoles paralelos (izquierda) y cruzados (derecha). | 55 |
| Imagen 28: Fotomicrografías de muestra CC1419 (Dique) con objetivo 10x, nicoles paralelos (izquierda) y cruzados (derecha)..... | 56 |
| Imagen 29: Geológico esquemático del área de Cerro Castillo, escala 1:10.000. | 57 |

Imagen 30: En la Figura se observa la zona de estudio en el rectángulo azul. Además de 3 GeoSitios, 1 de ellos en la misma zona de estudios. (Modificada de IGM.cl)..... 59

Imagen 31: Arriba se observa el marco panorámico que ofrece el lugar, abajo se presenta un zoom en el que puede observarse las terrazas fluviales (flechas rojas), y el carácter aborregado de las rocas (flechas blancas), tanto en el lugar mismo como en el resto del valle. 63

Imagen 32: Relaciones de contacto de cuerpos intrusivos, notar cuerpos tabulares sub-horizontales además de contactos planos y nítidos; Arriba: CITP, extraída de (Baumgartner *et al.*, 2007); Abajo: Zona de estudio. 68

Índice de Tablas

Tabla 1: Ubicación y elevación de las muestras asignadas a la Formación Katterfeld. 39

Tabla 2: Descripción y asociación de alteración de rocas corneas u obliteradas. 52

Tabla 3: Ubicación, dimensión y coordenadas de posibles lugares de interés geológico en la cuenca del río Ibáñez. 64

1. Introducción

1.1 Presentación

Chile se encuentra en un margen activo, el cual se extiende por más de 3000 km. Los diversos cambios en las condiciones de subducción a través de la historia geológica, además de las variaciones laterales que pueden presentarse, dan paso a la configuración actual de nuestro territorio. Esta configuración, representa la base en donde los procesos bióticos toman parte, y conforman la flora y fauna, la cual varía inmensamente de Norte a Sur, debido a la gran diversidad climática que presenta el país.

En la región de Aysén, han sido descritos un gran número de eventos geológicos, algunos de los cuales aún es posible apreciar su impronta en el paisaje actual. Desde la apertura de la cuenca de Aysén en el Cretácico temprano, hasta el volcanismo actual representado por el volcán Hudson, el cual corresponde al último volcán activo de la Zona Volcánica Sur de los Andes. Pasando por las últimas etapas glaciares, cuyos remanentes aún pueden apreciarse en las partes altas de las cuencas, tanto de las grandes ollas hidrográficas como la cuenca asociada al Lago General Carrera hasta las pequeñas sub cuencas que esta presenta.

La zona de estudio se encuentra aproximadamente a los 46° S, en el dominio de la Cordillera Patagónica Central y representa el límite N de la cuenca del río Ibáñez además de formar parte de la Reserva Nacional Cerro Castillo. Es precisamente, esta conjugación de factores, tanto bióticos como abióticos, lo que otorga a la zona de estudio un potencial importante para las nuevas formas de generar conocimiento. Esta innovación, invita a unir los conocimientos científicos con la sabiduría de vida del actor local, en pos de generar una comunidad que sea consciente de su entorno, que lo valore y proteja. Una comunidad que conviva de manera simbiótica con lo que la rodea.

La zona de estudio se encuentra muy cercana a la Villa Cerro Castillo, la cual se ubica adyacente a la Ruta 7 o Carretera Austral, esto genera que el turismo sea una actividad económica bastante común dentro de la comunidad local. Es por estas razones que una herramienta como el Geoturismo puede generar un impacto positivo en la comunidad local. A continuación, se presenta la definición de National Geographic de Geoturismo.

“Un turismo que sostiene o enriquece el carácter geográfico de un lugar y su ambiente, patrimonio, estética, cultura y el bienestar de sus habitantes”

1.2 Objetivos Generales:

1- Identificar litologías y las relaciones de contacto entre las distintas unidades que componen el Cerro Castillo, con el fin de generar un mapeo geológico detallado de la zona de estudio.

2- Poner a disposición de la comunidad local la información geológica generada en este estudio, para generar conciencia de estudiar, preservar y difundir el patrimonio natural del Cerro Castillo.

1.2.1 Objetivos específicos:

En relación a Objetivo General 1

- I. Recolección de muestras representativas de las diferentes unidades geológicas.
- II. Estudio petrográfico de rocas, para descripción de unidades litológicas, específicamente análisis de mineralogía primaria y secundaria.
- III. Reconocer asociaciones mineralógicas, con el fin de establecer criterios de posibles procesos metamórficos en el área de estudio.
- IV. Elaboración de mapa geológico, escala 1:10.000 del área de estudio.

En relación a Objetivo General 2

- I. Obtención de material fotográfico con el objeto de reconocer rasgos distintivos entre las unidades geológicas sus relaciones de contacto.
- II. Generar un documento en el que se indiquen los principales sitios de interés geológico, que pueda ser utilizado por operadores locales de turismo.
- III. Gestionar la incorporación de las rutas geo-turísticas, o geo sitios, del Cerro Castillo al Catastro Nacional de GeoSitios de la Sociedad Geológica de Chile, e idealmente al programa de Global Geosite Network (GGN) impulsado por la UNESCO.

1.3 Hipótesis:

El estudio litológico y estructural de la zona del Cerro Castillo permitirá contribuir a los modelos geológicos regionales existentes del margen occidental de la Cuenca de Aysén (Suarez *et al.*, 2009b, Scalabrino *et al.*, 2010).

1.4 Metodología

1.4.1 Metodología Objetivo General 1

- I. Se realizó una campaña de terreno, desde el 8 de enero al 8 de febrero del 2014. Esta se dividió en 3 etapas de ascenso a distintas áreas de la zona de estudio. Las 2 primeras etapas fueron realizadas por Nicolás Aravena y Paulo Quezada. La última etapa conto además con la participación de Mauricio Calderón.

Como base para el estudio de terreno, se utilizó el mapa geológico de la Carta N°124 (Quiroz y Bruce, 2010). Además, se recolectaron 38 muestras de las distintas unidades que afloran en la zona de estudio.

- II. Confección de secciones transparentes por Rubén Espinoza Rosas, en el taller ubicado en Bombero Roberts 1725, Estación Central. Estudio petrográfico con énfasis en la descripción de mineralogías primarias, utilizando microscopio óptico del Departamento de Geología de la Universidad de Chile, para ser asignada ya sea a una de las unidades previamente descritas en la zona o su asignación a una nueva unidad propuesta.
- III. Estudio petrográfico de mineralogía secundaria, para reconocimiento de fases metamórficas.
- IV. A partir de los datos obtenidos en terreno y el posterior estudio petrográfico y estructural se elabora un mapa geológico escala 1:10.000 de la zona de estudio.

1.4.2 Metodología Objetivo General 2

Basado en las metodologías propuestas para la identificación, catalogación y valoración de lugares con interés geológico (Partarrieu, 2013), y acorde a los Contextos Geológicos Chilenos (Mourgues *et al.*, 2012).

- I. En la campaña de terreno se definieron 5 lugares propuestos como potenciales GeoSitios en la zona de estudio. Para cada uno de estos lugares se genera una ficha que indica las valoraciones en diversos ámbitos (científico, panorámico, accesibilidad, entre otros), además de los diversos Contextos Geológicos Chilenos que pueden ser observados en cada lugar. En adición, se genera material fotográfico para su divulgación.
- II. Usando el material fotográfico, en adición con los datos generados en el estudio, se confeccionara un documento pequeño (formato tríptico), el cual servirá de apoyo para los operadores locales de turismo.

- III. Se llevara a cabo una pequeña campaña de terreno (guiada por Nicolás Aravena) en Enero 2015 en la cual se realizara una expedición con los operadores locales de turismo, además de la comunidad interesada, en la cual se les explicara el documento generado además de la historia de evolución de la zona de estudio.

- IV. Trabajando en coordinación con José Miguel Benado Wilson y Felipe Andrade, en el contexto del estudio de potenciales lugares de interés Geológico en la cuenca del Lago General Carrera. El cual pretende identificar, catalogar, valorizar y divulgar los posibles Geo-Sitios de la región además de postular su inclusión en el listado de Geo-Sitios de la Sociedad Geológica Chilena.

1.5 Ubicación y Vías de Acceso

La zona de estudio se encuentra ubicada en XI Región de Aysén, en la comuna de Rio Ibáñez, en la localidad de Villa Cerro Castillo (400 habitantes aprox.), entre los 46° 02´ y los 46° 05´ grados de latitud sur y se encuentra inmersa dentro de la Reserva Nacional Cerro Castillo. El único camino habilitado para vehículos que permite acceso a esta localidad, tanto desde el norte como desde el sur, es la Ruta 7, mejor conocida como “Carretera Austral”.

En general el acceso más sencillo comprende comenzar desde la Villa Cerro Castillo, y continuar hacia el norte ya sea utilizando “El Neozelandés” o la “Ruta de Evacuación”, ambas rutas pertenecen a la red de senderos de la Reserva Nacional Cerro Castillo y deben recorrerse a pie. Otra alternativa corresponde a utilizar el sendero “Las Horquetas”, el cual comienza al norte de la zona de estudio y emprende rumbo hacia el SW, hasta arribar en la zona de estudio. Sin embargo este último sendero, corresponde a una ruta que contempla una caminata de aproximadamente 4 días.

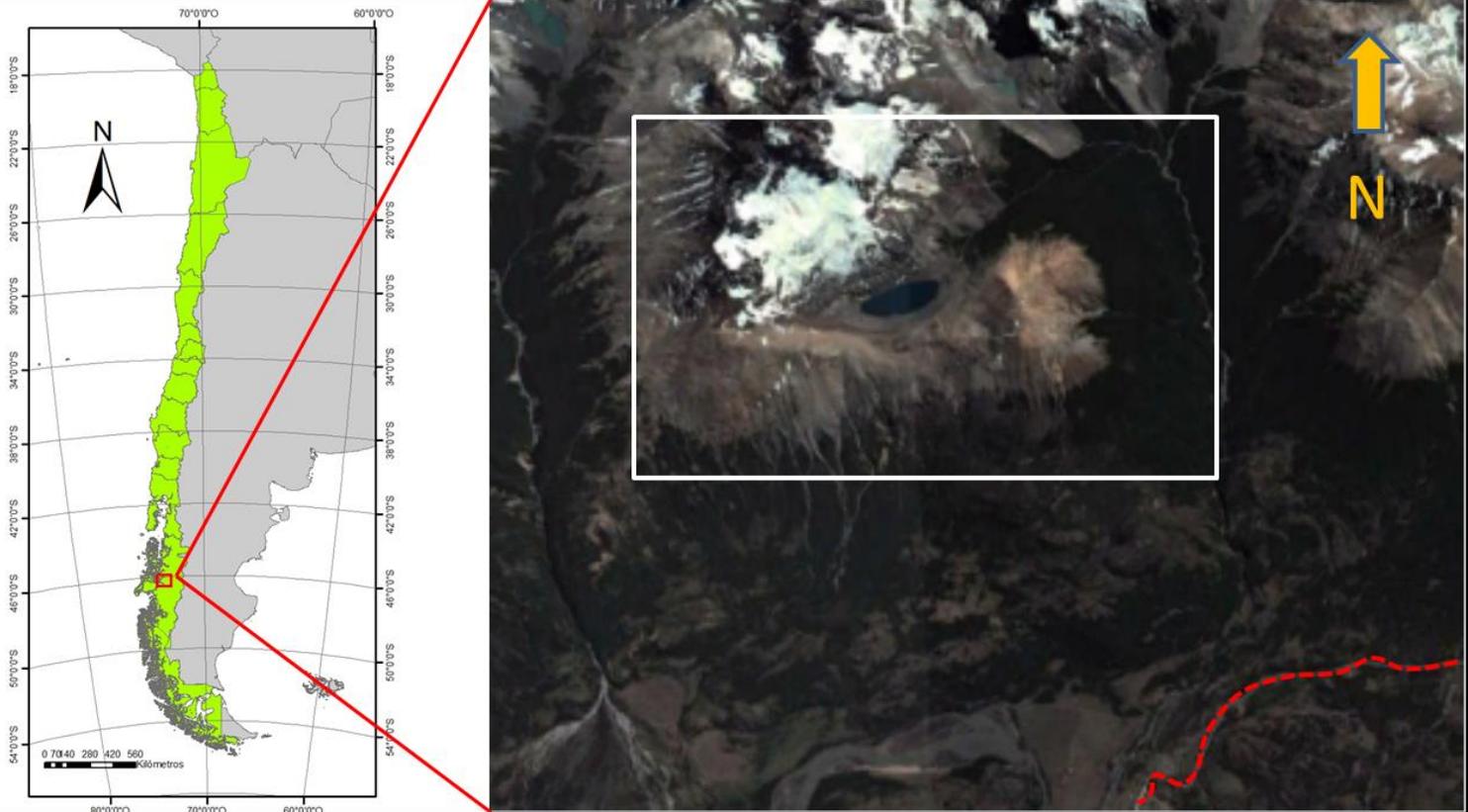


Imagen 1: Ubicación zona de estudios. En el zoom (derecha) se observa la zona de estudio (rectángulo blanco) y la línea punteada corresponde a la Ruta 7.

2. Antecedentes

2.1 Geología

2.1.1 Paleozoico

2.1.1.1 Unidades Estratificadas

Complejo Metamórfico Andino Oriental (Devónico –Carbonífero tardío bajo; Hervé,1993): Se denomina Complejo Metamórfico Andino Oriental , 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 en Quiroz y Bruce 2010). En las zonas aledañas al área de interés se ha observado que subyace discordantemente a tobas de la Formación Ibáñez y se

encuentra intruido por rocas hipoabisales Mesozoicas. En los sectores aledaños a la zona de estudio se ha descrito compuesto por esquistos micáceos y de cuarzo-muscovita, filitas, cuarcitas y, aisladamente, mármol.

2.1.2 Mesozoico

2.1.2.1 Unidades Estratificadas

Formación Ibáñez(Jurásico superior-Valanginiano): Compuesta por una gran variedad de rocas ígneas, principalmente piroclásticas acidas con presencia importante de ignimbritas (Quiroz y Bruce, 2010), representa la actividad explosiva asociada a subducción durante periodos de rifting previos al desmembramiento de Gondwana (Suárez *et al.*,2009).Se asocia a los últimos episodios volcánicos,mayormente Jurásicos, cuyos depósitos forman parte de la Provincia Acida de Chon Aike (Pankhurst *et al.*, 1998,2000; Riley *et al.*, 1999,2000 en Suárez *et al.*, 2009). Esta unidad tiene una potencia estimada de 1900 m (Niemeyer *et al.*, 1984 en Suárez *et al.*, 2009) y aflora en territorio chileno desde Futaleufú (43°S) hasta el Lago O'Higgins (49° S), continuando hacia el sur bajo el nombre de formación Tobífera(Suárez *et al.*, 2009). Su localidad tipo se encuentra en la localidad de Puerto Ingeniero Ibáñez (Quiroz y Bruce, 2010). En el mapa usado como base para el estudio en terreno, se presentan 4 sub-unidades para la Formación Ibáñez, pero en las zonas aledañas al área de estudio, solo aflora una de estas sub-unidades, la que corresponde a la sub-unidad más antigua de las descritas por Quiroz y Bruce (2010). Esta se define como una asociación de rocas piroclásticas y epiclásticas macizas Ibáñez-Castillo, y se asocia a la porción basal de la Formación Ibáñez. En la zona de estudio se compone mayormente por ignimbritas de espesor variable, presentado unidades de unos pocos metros hasta depósitos mayores a 100 m. Está formada por rocas asociadas a depósitos de flujos piroclásticos dacíticos, riolíticos y riodacíticos calcoalcalinos. Estos depósitos permiten inferir que estas rocas se habrían originado cercanas a los centros de emisión y posiblemente estarían asociadas a calderas (Quiroz, 2000; Bruce, 2001 en Quiroz y Bruce 2010).

Grupo Coyhaique (Titoniano-Aptiano): Denominado de manera informal, la formación Coyhaique, la cual comprende la secuencia de areniscas y lutitas fosilíferas marinas, ubicada estratigráficamente entre la Formación Ibáñez y la Formación Divisadero (Lahsen, 1966 en Quiroz y Bruce, 2010). Pueden encontrarse afloramientos de este grupo, desde

Futaleufú (43°S; De La Cruz *et al.*, 1996), hasta la zona de Campos de Hielo Sur (48° 30'; Sepúlveda, 2000 en Quiroz y Bruce, 2010), ubicados de manera discontinua en una franja N-S que incluye territorio chileno y argentino. El grupo Coyhaique fue depositado en un ambiente de mar epicontinental somero, generado en una cuenca de retroarco, asociada a subsidencia térmica (Bell y Suárez, 1997). Este comprende, de base a techo, las siguientes tres formaciones a describir (Toqui, Katterfeld y Apeleg), y la sucesión representa un ciclo transgresión-regresión (Suárez *et al.*, 2009 en Suárez *et al.*, 2010).

Formación Toqui (Titoniano-Berrisiano): Corresponde a la unidad basal del Grupo Coyhaique. Fue definida en el distrito minero Toqui, en las nacientes del río homónimo. En su localidad tipo presenta potencias variables entre 50 y 215 m (Suárez y De La Cruz, 1994). Compuesta de sedimentos calcáreos y clásticos, depositados en líneas de costa de volcanes andesíticos (Bell y Suárez, 1997). Esta actividad volcánica estaría asociada a las etapas finales del volcanismo Jurásico tardío - Cretácico Temprano, representado por las rocas de la Formación Ibáñez (De La Cruz *et al.*, 2003).

En los sectores aledaños a la zona de estudio su contacto ha sido descrito como concordante, e interdigitado con la Formación Ibáñez (Suárez *et al.* 2010). En el área de interés se ha descrito un afloramiento de espesor máximo 6 m, a 4 km al NE de Villa Cerro Castillo, donde se observan calizas coquinoideas, cuya base no aflora y su contacto con las lutitas suprayacentes (Formación Katterfeld) se encuentra pobremente expuesto (Quiroz y Bruce, 2010). Además se han encontrado escasos rodados de coquinas (aprox. 50 cm de diámetro) a los pies del Cerro Castillo, algunos metros al E de la laguna glaciar, lo que permite suponer la existencia de esta unidad en la parte alta del cerro (Quiroz y Bruce, 2010).

Formación Katterfeld (Berrisiano-Hauteriviano): Corresponde a la unidad intermedia del Grupo Coyhaique. Definida por Ramos (1976) en Argentina. Su localidad tipo se encuentra aproximadamente a los 45° S y sus afloramientos se extienden hacia el sur hasta las cercanías de Chile Chico. Se dispone de manera concordante sobre la Formación Toqui y bajo la Formación Apeleg (Bell y Suárez, 1997). El estudio sedimentológico de las distintas facies presentes, permite inferir un ambiente de plataforma marina, y localmente, de prodelta (Suárez y De La Cruz, 1994). Su litología se ha descrito como lutitas negras, las cuales han sido interpretadas como depositadas en aguas tranquilas en condiciones anóxicas en un embahamiento marino, refugiado y parcialmente cerrado (Bell y Suárez, 1997).

En los sectores aledaños a la zona de estudio, se expone de manera extensa en una franja NW, donde presenta sobre 500 m de potencia. Sin embargo, esta formación presenta variaciones de espesor importante, por lo que sugiere la posibilidad de una significativa paleo topografía en la superficie de la Formación Ibáñez (Bruce, 2001 en Quiroz y Bruce, 2010).

Formación Apeleg (Hauteriviano-Aptiano): Corresponde a la unidad más joven del Grupo Coyhaique. Fue definida en Argentina entre las latitudes de 44°30' y 45° S por Ploszkiewicz y Ramos en 1977. Luego, fueron descritos afloramientos de esta unidad hasta los 47° S (Suárez y De La Cruz, 1994 en Bell y Suárez, 1997). Si bien presenta potencias variables en distintas localidades, se ha estimado que el espesor de esta unidad en la región es mayor a 200 m presentando potencias máximas de hasta 1200 m (Bell y Suárez, 1997). En general, se dispone de manera concordante sobre la Formación Katterfeld (Bell y Suárez, 1997). Por otro lado, su contacto superior ha presentado controversias, puesto que se ha observado que la Formación Apeleg presenta mayores manteos y presenta capas que se encuentran más plegadas, en relación a estratos de la Formación Divisadero (la cual sobreyace de manera discordante a la Formación Apeleg), lo que podría sugerir un hiatus en la deposición asociado a algún evento tectónico. Su litología ha sido descrita como areniscas bien seleccionadas, con intercalaciones subordinadas de lutitas y en menor grado conglomerados, asociadas a un ambiente de plataforma marina somera (Bell y Suárez, 1997). Se ha postulado que la acumulación de sedimentos habría finalizado en el Aptiano, producto de deformación, alzamiento y erosión asociados a un episodio tectónico (Bell y Suárez, 1997).

Formación Divisadero (Aptiano): Aflora en una franja discontinua entre Palena (43° 30' S) y el Lago General Carrera (47°S). En su localidad tipo, inmediatamente al este de Coyhaique, presenta una potencia entre 800 y 1500 m (De la Cruz *et al.*, 2003 en Quiroz y Bruce, 2010), y se observa en contacto paraconcordante con la Formación Apeleg en los alrededores. Por otra parte, al sur del Lago Elizalde se ha descrito, de manera local, este contacto en discordancia angular sobre lavas de la Formación Ibáñez y sobre capas suavemente plegadas de la Formación Apeleg (De La Cruz *et al.*, 2003 en Quiroz y Bruce 2010). Mientras que en los sectores aledaños a la zona de estudio presenta un espesor mínimo de 1000 m y el contacto ha sido descrito como concordante y transicional (Quiroz y Bruce, 2010). Se ha postulado un evento tectónico Aptiano, el cual sería sucedido (Aptiano tardío) por un evento volcánico andesítico a dacítico que daría origen a la Formación Divisadero (Bell y Suárez, 1997). En los sectores aledaños a la zona de estudio se han descrito una amplia variedad de rocas piroclásticas riolíticas y dacíticas, domos y lavas ácidas además de lavas basálticas y andesíticas. Sin embargo, todas las rocas mencionadas anteriormente presentan un carácter calcálico (Bruce, 2001; Belmar, 1996 en Bruce y Quiroz, 2010).

2.1.2.2 Unidades Intrusivas

‘Stocks’ El Tornillo (Cretácico Inferior alto?): Corresponden a dos pequeños cuerpos graníticos intrusivos, que afloran al SW de la zona de estudio. Intruyen rocas piroclásticas y sedimentarias de la Formación Ibañez, y se propone un emplazamiento de control estructural (Quiroz y Bruce, 2010).

Granitoides y Microgranitoides Bajada de Ibañez (Cretácico inferior alto-Cretácico Superior): Corresponden a cuerpos intrusivos, los cuales se disponen como ‘stocks’ de formas irregulares, filones manto y localmente, lacolitos. En las zonas aledañas al área de estudio, los cuerpos más pequeños se distribuyen en afloramientos dispersos, mientras que los cuerpos de mayor tamaño se disponen alineados en dirección preferencial NW, entre el Cerro Castillo y el Cerro Pirámide, este último se encuentra inmediatamente al E de Puerto Ingeniero Ibañez. Intruyen a rocas de las formaciones Ibañez y Divisadero, además de rocas del Grupo Coyhaique. Estas rocas han sido descritas como granitoides leucocráticos, de texturas faneríticas, de grano grueso hacia los núcleos de las unidades mayores y texturas de grano fino en los bordes de estos y en los cuerpos más pequeños. En general, se asocia un metamorfismo termal moderado a estos cuerpos, evidenciado por las aureolas de contacto de unas decenas de metros a, posiblemente, cientos de metros (Quiroz y Bruce, 2010).

Batolito Patagónico : Corresponde a una franja de ancho variable, entre 60 y 150 km, de rocas intrusivas calcoalcalinas que ocupa el eje de la cordillera Patagónica desde la latitud de Valdivia (40° S) hasta el Cabo de Hornos (56°S), (Pankhurst y Hervé, 1994 en Quiroz y Bruce, 2010). Para este, se han descrito variadas litologías, desde gabros hasta granitos (Weaver *et al.*, 1990 en Quiroz y Bruce, 2010). Estudios detallados, tanto radiométricos como litológicos, llevados a cabo entre los 44° y los 47° S, indican la existencia de una zonación cronológica en que las edades más jóvenes se concentran en la Zona de Falla Liquiñe Ofqui, mientras que las más antiguas se concentran fuera de ella (Pankhurst y Hervé, 1994). En las zonas aledañas al área de interés, se ha observado que intruye y se encuentra en contacto por falla con las unidades mesozoicas principales de este estudio, Formación Ibañez y Grupo Coyhaique, además de la Formación Divisadero. Además se han descrito afloramientos de granodioritas de anfíbola y biotita, de grano medio a grueso.

2.1.3 Cenozoico

2.1.3.1 Unidades Estratificadas

Formación Oscuro (Mioceno inferior alto?- Mioceno Medio?): Aflora al NE de la zona de estudio. En su base se reconocen tufitas poco retrabajadas y tobas mal consolidadas, hacia el techo les sobreyacen una secuencia sedimentarias de mayor potencia en que se encuentran areniscas tobáceas con estratificación cruzada, intercaladas con limolitas grises. Además, se encuentran intercalaciones secundarias de tobas de lapilli y lentes de conglomerado.

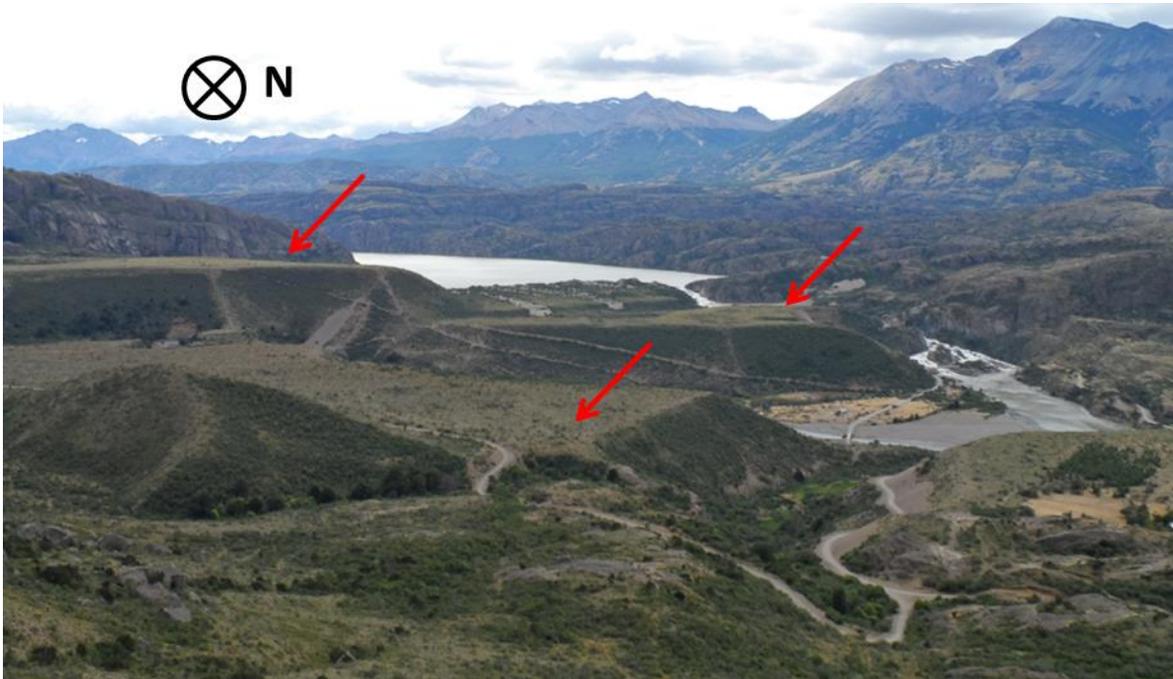
La porción inferior ha sido interpretada como depósitos piroclásticos y epiclásticos acumulados en un ambiente aluvial relativamente alejado de centros volcánicos activos (De La Cruz et al., 2003). Por otra parte, la sección superior se interpreta como depósitos fluviales de canales móviles, con intercalaciones de facies de llanuras de inundación y lagos efímeros (Suárez et al., 1994).

Basaltos Cerro Teta (Mioceno medio-superior?): Secuencia de al menos 200 m de espesor, la cual sobreyace de manera discordante tobas de la Formación Divisadero y la Riolita Cerro Pico Rojo. Compuesta por estratos, de potencias de 1 a 5 metros, de lavas basálticas y lavas andesito-basálticas, del tipo pahoe hoe, que presentan carácter porfídico con fenocristales de plagioclasa, augita y en menor medida, olivino.

Basaltos Avellano (Plioceno): Secuencia de aproximadamente 150 m de espesor de lavas basálticas, la cual sobreyace de manera concordante tobas de la Formación Ibáñez. Compuesta por una base maciza, que presenta disyunción columnar y un techo brechizado correspondiente a la actual superficie de erosión.

2.1.4 Pleistoceno-Holoceno

Depósitos Deltaicos: Desarrollados en las desembocaduras de los cursos fluviales, constituidos por secuencias sedimentarias de gravas, arenas y limos, las que pueden alcanzar espesores de hasta 100 m. Estas secuencias presentan una estratificación de alto ángulo generada por la progradación del frente deltaico además de estructuras de abanicos. Estos depósitos han sido interpretados como deltas de tipo Gilbert, los cuales corresponderían a paleo niveles base del actual lago General Carrera/Buenos Aires (Bell 2007).



Fotografía 1: Las flechas indican las terrazas conformadas por depósitos deltaicos asociados a la paleo-desembocadura del Río Ibáñez en el Lago General Carrera/Buenos Aires.

Depósitos Glaciares: Depósitos de sedimentos irregularmente consolidados, los cuales presentan mala selección (tamaño bloque hasta limos) y no presentan estructuras internas. Estos depósitos se relacionan a transporte glacial, y a un frecuente retrabajo hídrico posterior. Entre estos se distinguen (Quiroz y Bruce, 2010) las morrenas laterales (adosadas a los flancos de los valles), los circos glaciales (asociadas a las cabeceras de los valles, y por lo general sobre los 1250 m.s.n.m), además de depósitos morrénicos retrabajados por cursos fluviales menores.

2.1.5 Holoceno

Depósitos de Remoción en masa: Depósitos no consolidados, de mala selección, con presencia de clastos sub-angulosos. Generados por procesos rápidos de movilización gravitacional y deslizamientos de tierra (Quiroz y Bruce, 2010).

Depósitos Coluviales: Depósitos no consolidados, de estratificación pobre o nula. Cuya génesis se encuentra asociada a procesos de Geliflexión o Crioclastía, generando así depósitos con morfologías de abanico o amorfos, dependiendo de las condiciones de deposición. La litología en estos depósitos es variable, y dependerá directamente de la columna de roca que se encuentra inmediatamente arriba del depósito (Quiroz y Bruce, 2010).

Depósitos Fluviales: Corresponden a sedimentos no consolidados, generados por transporte hídrico en cursos fluviales actuales y activos. Se constituyen por gravas de matriz arenosa que presentan estratificación plana y cruzada. En ellos se distinguen, los depósitos de llanuras de inundación, constituidos por arenas finas, limos y arcillas. Estos se generan por decantación durante las crecidas de los ríos (Quiroz y Bruce, 2010).



Fotografía 2: Depósitos de llanura de inundación, estos se encuentran en la zona del Salto del Río Ibáñez, al sur de la zona de estudio.

Depósitos de Abanicos Aluviales: Depósitos no consolidados, preferentemente ubicados en las bases de cordones montañosos y en las intersecciones de valles secundarios con valles principales. Compuestos por bloques redondeados, gravas, arenas y limos, y cuya génesis se asocia a transporte hídrico (Quiroz y Bruce 2010).

Depósitos eólicos: Corresponden a depósitos compuestos por la fracción fina de los depósitos piroclásticos de caída asociados a las erupciones históricas (1971, 1991, 2011) del Volcán Hudson. Formados por la acción del viento estacional en los meses cálidos, descritos como 'loess' (Quiroz y Bruce 2010).



Fotografía 3: Depósitos eólicos (flecha roja) en la zona de desembocadura actual del Río Ibáñez en el Lago General Carrera/Buenos Aires. De fondo pueden apreciarse afloramientos asociados a la Formación Ibáñez.

2.2 Geomorfología

La zona de estudio forma parte de la Cordillera Patagónica Central (CPC), la cual corresponde a un cinturón orogénico que se extiende en dirección N-S entre los 45° y los 48° de latitud sur.

En la Imagen 2 se presenta el mapa geomorfológico (Modificado de Scalabrino *et al.*, 2010) en el cual se muestran los distintos dominios geomorfológicos del área. La zona de estudio se ubica en el dominio de la Cordillera Patagónica. Este se caracteriza por presentar una elevación promedio de 900 m y define topografías de baja longitud de onda, con una amplitud media de 2000 m. Además se presentan altos contrastes de relieves, típicos de cordones montañosos que presentan incisiones profundas. El dominio de la CPC, esta flanqueado hacia al W por un dominio poco elevado, limitado por la Zona de falla Liquiñe-Ofqui, la cual separa la Península de Taitao del continente y representa un límite extremadamente marcado entre los grandes relieves de la zona de estudio y la zona de subsidencia activa del Golfo de Pennas (Scalabrino *et al.*, 2010). Hacia el E, el dominio CPC se encuentra flaqueado por el dominio Pampeano, caracterizado por áreas extensas de topografías homogéneas, las que incluyen llanuras planas y mesetas (Scalabrino *et al.*, 2010).

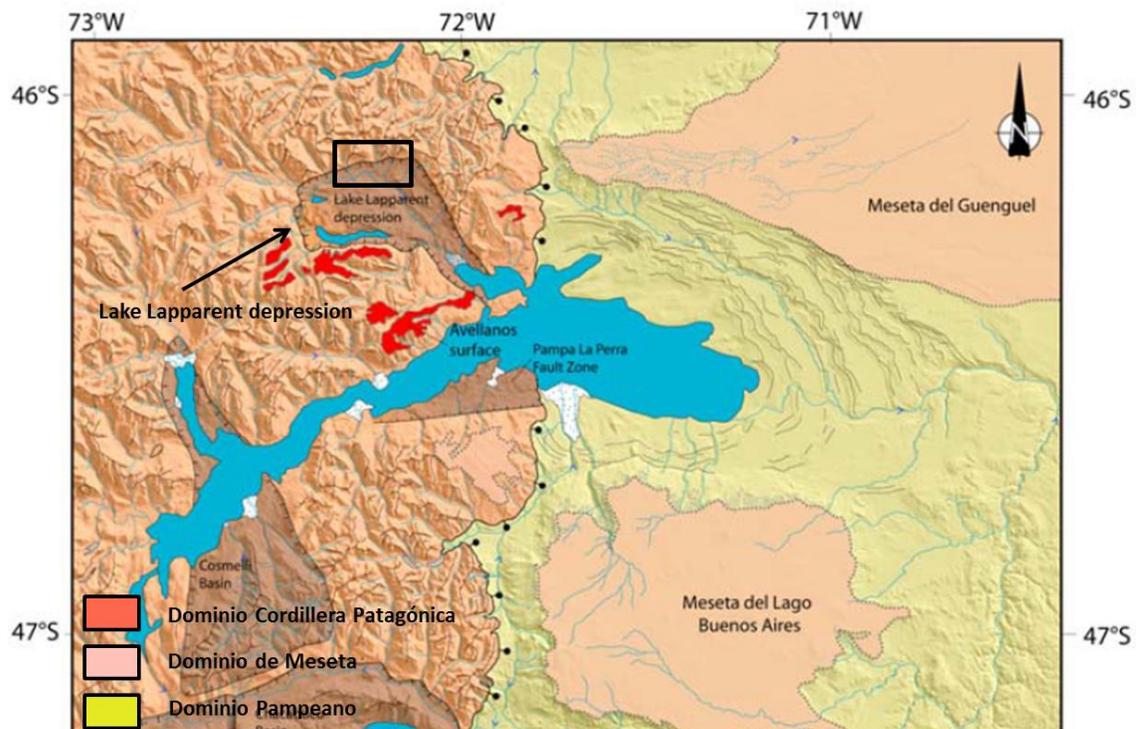


Imagen 2: Mapa geomorfológico de la región, el rectángulo indica la zona de estudio (Modificada de Scalabrino *et al.*, 2010).

A continuación, se presentan cuatro perfiles topográficos de traza W-E (Modificado de Scalabrino *et al.*, 2010). Si bien, el Perfil 1 es el más cercano a la zona de estudio, se han incluido 4 de los 6 perfiles para poder apreciar las generalidades que indican los autores.

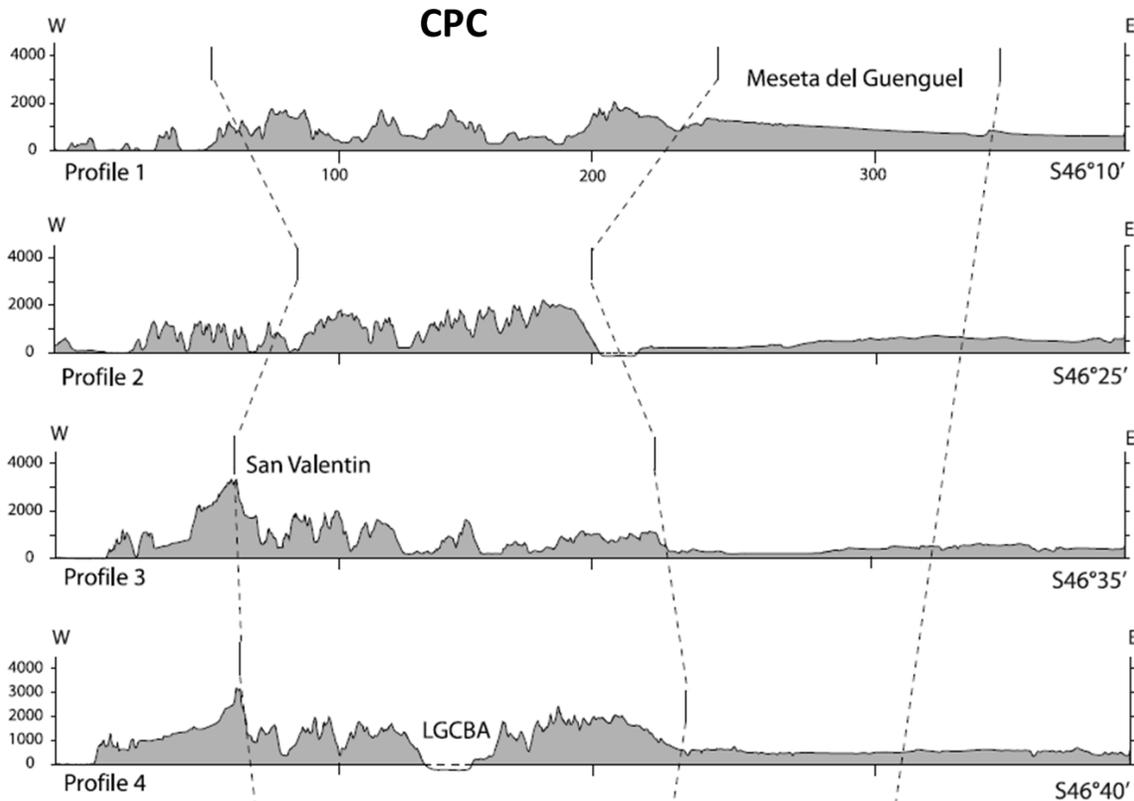


Imagen 3: Modificada de Scalabrino *et al.*, 2010, las líneas punteadas indican los límites de los distintos dominios geomorfológicos presentes.

En el dominio de la Cordillera Patagónica Central (CPC) es posible apreciar un patrón en común, este corresponde a que se observa una región oriental y una occidental, las cuales presentan alturas relativamente mayores y encierran entre ellas la zona axial de menor elevación. Esto puede notarse de manera más clara en el Perfil 4, el cual incluye la depresión del Lago General Carrera/Buenos Aires. Este fenómeno ocurre sorpresivamente en una posición donde se esperarían elevaciones mayores, en el caso de cinturones normales asociados a subducción (Scalabrino *et al.*, 2010). Cabe destacar que los autores se refieren a este caso como especial puesto que hacia el W se encuentra el Punto Triple de Chile, el cual genera la subducción bajo la placa de Nazca de una zona de ridge.

La zona axial de la CPC se caracteriza por la presencia de depresiones transversales de incisiones profundas. Una de estas depresiones se encuentra ocupada por un gran lago postglaciar, el lago Genreal Carrera/Buenos Aires, el cual presenta su punto mas profundo a 380 metros bajo el nivel del mar (Murdie *et al.*, 1999 en Scalabrino *et al.*, 2010). Durante las etapas glaciares del Plioceno-Cuaternario, estas depresiones se encontraban ocupadas por glaciares que avanzaban hacia el E. Esto genera aborregamiento y estriamiento, los que pueden ser observados con facilidad en los afloramientos de la zona de estudio, y que corresponden a un rasgo geomorfológico importante. Además se acumularon morrenas bien desarrolladas en el dominio Pampeano (mayormente Argentina), las cuales forman grandes anfiteatros y marcan la máxima extensión de los glaciares (Scalabrino *et al.*, 2010).

2.3 Geología Estructural

A continuación se presenta un mapa simplificado del marco tectónico actual, donde es posible observar el punto de convergencia entre la placa Antártica, de Nazca y la placa Sudamericana, conocido como el punto triple (CTJ). Además es posible observar las direcciones y las tasas de convergencia de las placas que están siendo subducidas bajo la placa sudamericana. También se puede apreciar una zona marcada de color gris oscuro, la cual ha sido inferida por los autores como la posición de la ventana del slab bajo la placa sudamericana (Scalabrino *et al.*, 2010).

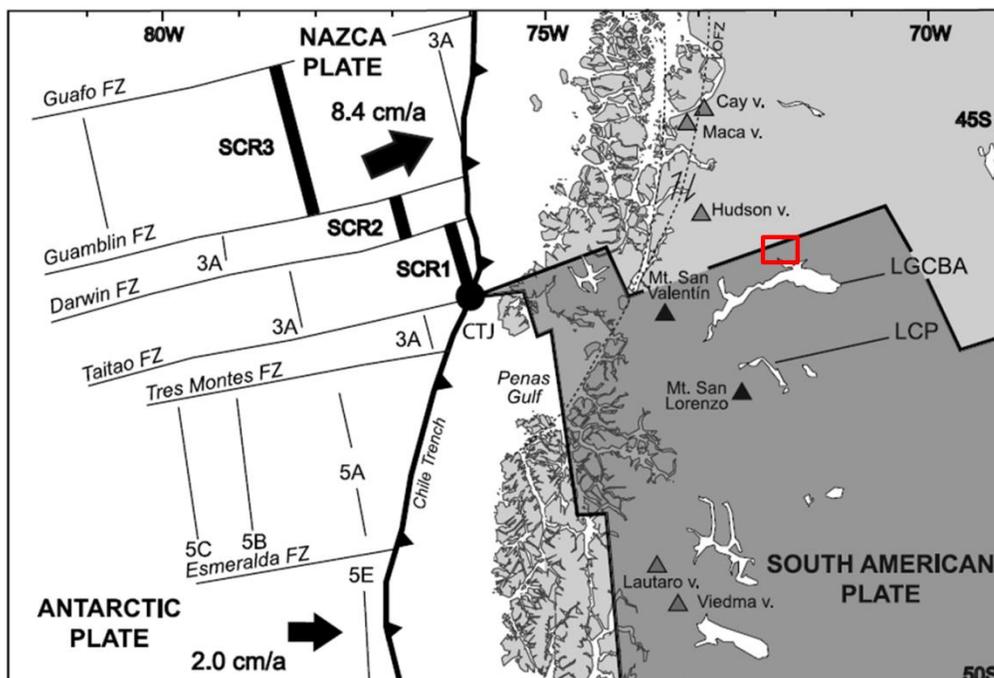


Imagen 4: Mapa simplificado de la región del Punto Triple de Chile (CTJ, en la imagen) y marco tectónico de la subducción del Ridge del Sur de Chile (SCR), modificado de Scalabrino *et al.*, 2010. La zona de estudio se indica en el rectángulo rojo.

Otro factor importante a considerar corresponde a los lineamientos presentes en el area. Generalmente, los lineamientos en un cordón montañoso son interpretados como características tectónicas, incluso si erosión glacial y/o fluvial los resalta (Scalabrino *et al.*, 2010).

En la siguiente imagen se presenta un mapa geológico y estructural de la Cordillera patagónica central, a la latitud del punto triple (CTJ). Además es posible apreciar un diagrama de rosa, el cual fue elaborado tomando en cuenta las características presentes en el mapa. Este diagrama indica las 2 direcciones predominantes de los lineamientos, es decir NE (45°N-60°N) y NNW (160°N-170°N).

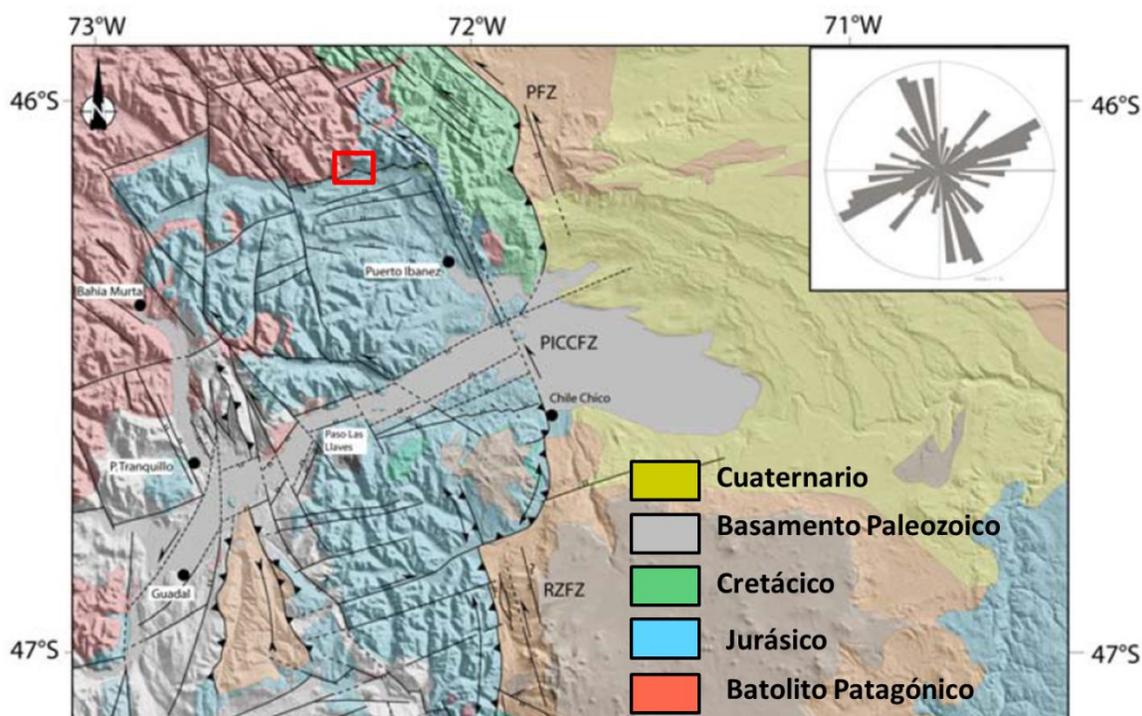


Imagen 5: Mapa geológico y estructural de la región (Modificada de Scalabrino *et al.*, 2010). La zona de estudio se muestra en el rectángulo rojo, además de las orientaciones preferenciales de los lineamientos (arriba derecha).

Cabe destacar, que las dos orientaciones preferenciales de lineamientos son paralelas a las zonas de falla y al eje de apertura del ridge de Chile (Imagen 10).

La zona de estudio forma parte de la depresión del Lago Lapparent. Esta cuenca corresponde a un bajo topográfico romboidal que ocupa un área aproximada de 800 km², cuyos límites se encuentran bien definidos. Hacia el E, la depresión se encuentra delimitada por una serie de fallas orientadas en 160°N, las cuales forman parte del corredor tectónico Puerto Ibañez-Chile Chico. Hacia el W la cuenca es delimitada por una zona de fallas de tendencias 170°N, mientras que hacia el S el límite lo representa el Lago Lapparent. Este presenta una traza lineal (dirección E-W) de aprox. 20 km, lo que sugiere, nuevamente, un fuerte control estructural de la cuenca (Scalabrino *et al.*, 2010). El límite hacia el N, corresponde a los altos topográficos que comprenden la zona de estudio.

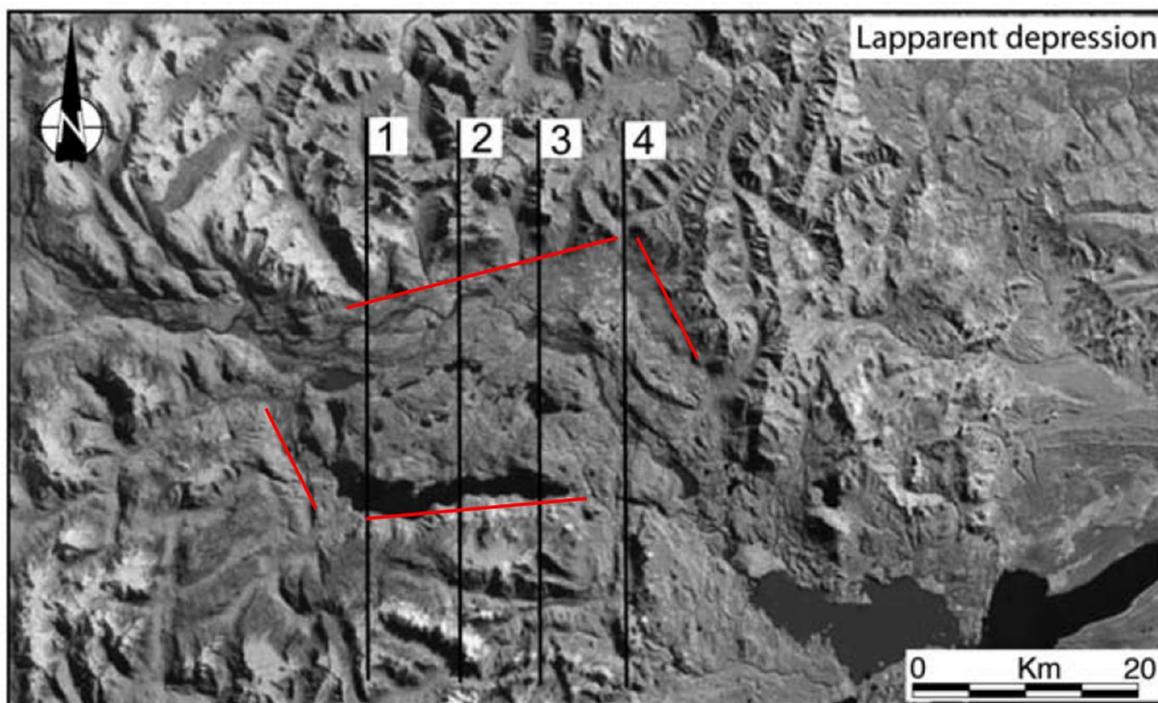


Imagen 6: Depresión del lago Lapparent (Modificada de Scalabrino *et al.*, 2010). Es posible observar los límites de esta sub- cuenca (líneas rojas).

En la imagen 6, se puede apreciar la cuenca asociada a esta depresión, mientras que la Imagen 7 se indica el perfil topográfico generado a partir de la combinación de los datos generados por los 4 perfiles de la Imagen 6. En esta imagen es posible apreciar, la depresión intermedia además de la máxima altura de la zona, representada por el Cerro Castillo.

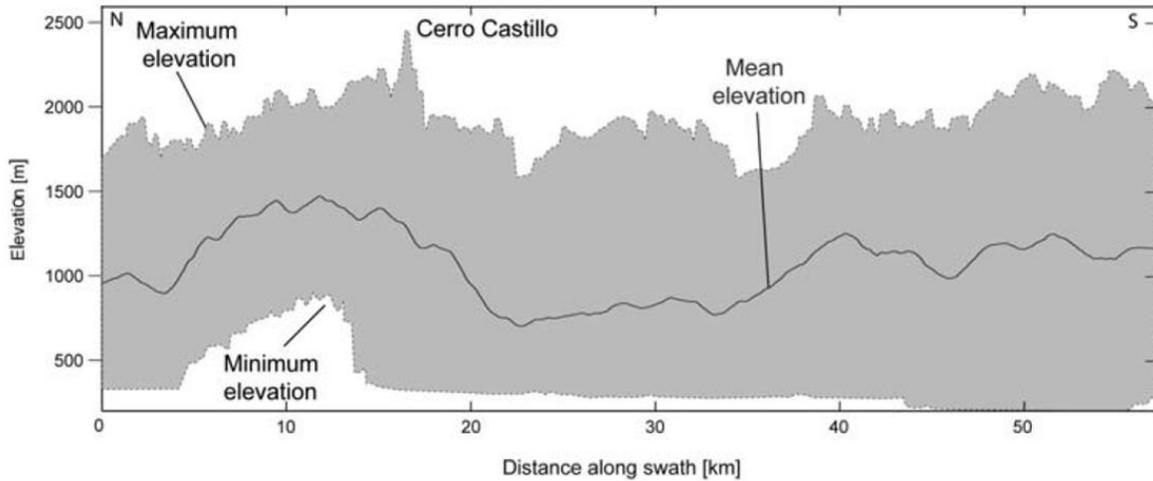


Imagen 7: Perfil general depresión lago Lapparent (Extraído de Scalabrino *et al.*, 2010).

Se ha postulado (Quiroz y Bruce, 2010) una estructura de rumbo NE, de al menos 21 km de largo, en la zona de estudio. Esta falla pondría en contacto rocas intrusivas del Batolito Patagónico con rocas de la Formación Divisadero. Se postula un bloque NW (BP) que sería alzado por sobre el bloque SE (Formación Divisadero). El bloque alzado exhibe, además, una estructura de roof pendant generada por la intrusión del BP en rocas de la Formación Ibañez y del Grupo Coyhaique, en el Cerro Castillo y Cerro Palo. Además, considerando dataciones de las rocas intrusivas involucradas (ya que se encuentran cercanas a la traza de la falla), las cuales arrojan edades de 93 ± 3 y 98 ± 2 Ma, ha sido propuesto que la edad del movimiento de esta falla sería posterior al Cretácico Superior bajo (Bruce y Quiroz, 2010).

2.4 Evolución Geodinámica

Se ha postulado que en la Cuenca Austral, sería posible diferenciar 2 segmentos, uno que se encuentra al Sur de los 49° - 50° llamado la Cuenca de Magallanes, mientras que al norte de estas latitudes se encuentra el otro segmento conocido como la Cuenca de Aysén (Suárez *et al.*, 2009b), contexto dentro del cual se enmarca la zona de estudio.

La cuenca de Aysén se ha definido como una cuenca de tras-arco, la cual presenta, de manera local, sub-cuenclas que presentan una configuración de intra-arco. La subsidencia en la cuenca de Aysén, en sus estadios iniciales, ha sido relacionada a extensión de tras-arco la cual estaría asociada a las etapas de rifting previas. Sin embargo, la fase posterior se asigna a enfriamiento termal post-rift (Suárez *et al.*, 2009b).

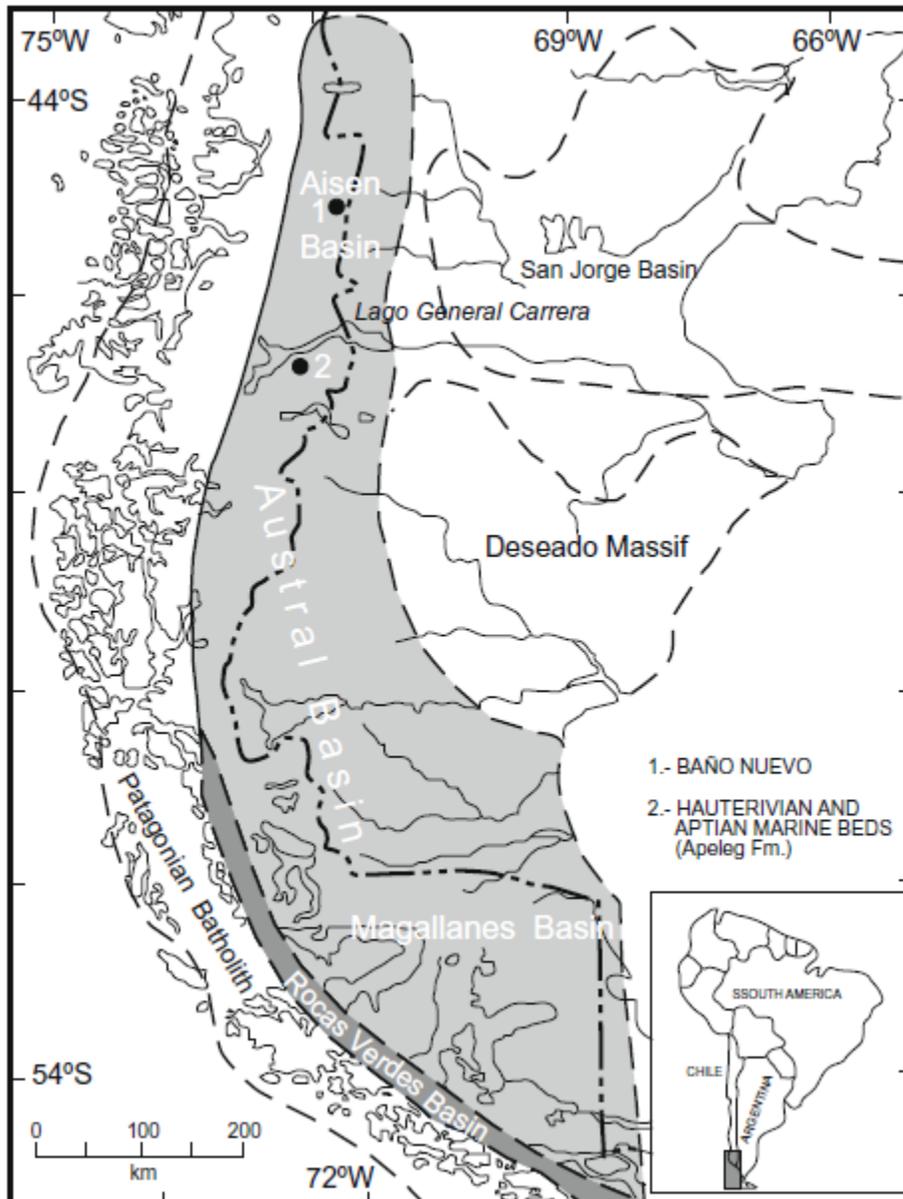


Imagen 8: Extensión de la Cuenca Austral (Extraída de Suárez et al., 2009)

El arco magmático Meso-Cenozoico en Patagonia está representado por el Batolito Patagónico (BP) y está compuesto por plutones calcoalcalinos tipo I. El BP marca aproximadamente el borde occidental de los afloramientos de las capas que componen la Cuenca Austral. A pesar de que el BP ha sido interpretado como las raíces de cadenas volcánicas, tanto de la Formación Ibáñez como de la Formación Divisadero, estas se encuentran distribuidas cubriendo extensas áreas hacia el E, donde se ha identificado actividad plutónica coetánea de manera aislada (Suárez y De La Cruz, 2000; Rolando *et al.*, 2002 en Suárez *et al.*, 2009 b).

Durante los estadios iniciales del desarrollo de la Cuenca de Aysén (Titoniano al Hauteriviano temprano?), la sedimentación ocurría de manera sincrónica con el volcanismo de la Formación Ibáñez (Suárez *et al.*, 2009b). Estos procesos depositarían la porción inferior del relleno de la cuenca, la cual corresponde a la deposición de manera concordante e interdigitada, de la Formación Ibáñez y la Formación Toqui. Esta última representa la ingresión marina, y sus capas representan depósitos synvolcanicos marinos someros (De La Cruz *et al.*, 2003 en Suárez *et al.*, 2009b). A continuación, se presenta la Imagen 9, en la cual se observa la columna estratigráfica de las distintas formaciones que componen la cuenca de Aysén, y sus respectivas edades

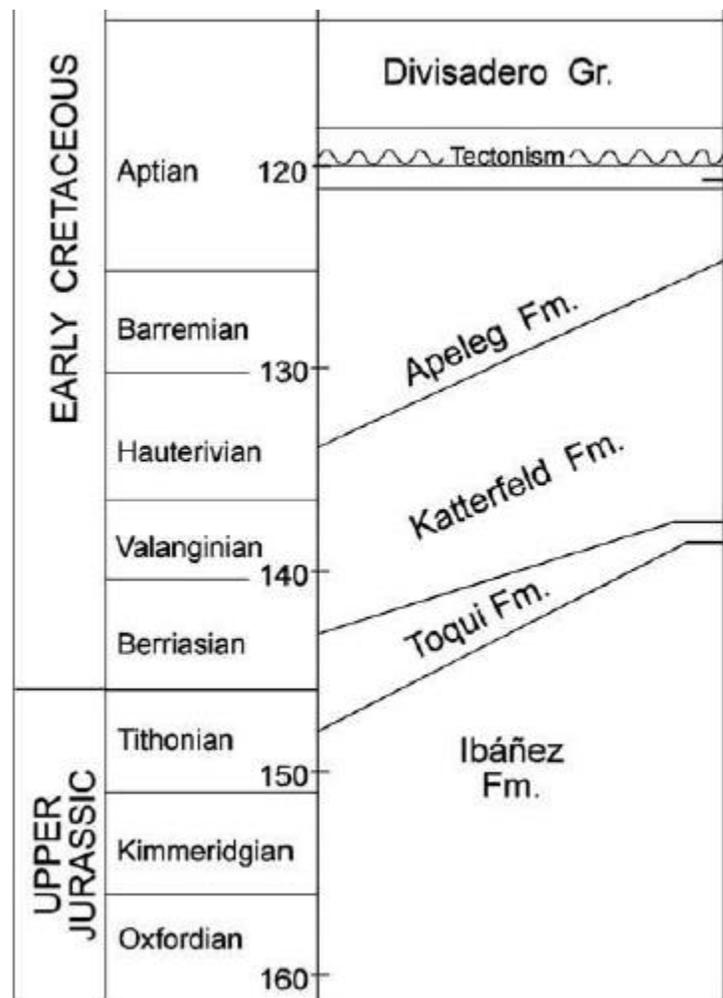


Imagen 9: Columna estratigráfica de la Cuenca de Aysén (Modificada de Suárez et al., 2009b).

Luego, en un embahiamiento protegido y parcialmente cerrado, el cual genera un ambiente submarino de condiciones anóxicas, se depositan las capas de lutitas negras de la Formación Katterfeld. Estas se disponen sobre la Formación Toqui, y en algunas ocasiones

directamente sobre la Formación Ibáñez (Bell y Suárez,1997;De La Cruz *et al.*, 2003 en Suárez *et al.*, 2009b).

A continuación, se disponen de manera concordante e interdigitada la Formación Apeleg, la cual corresponde a la unidad sedimentaria marina mas joven de la cuenca de Aysén y está compuesta por intercalaciones de areniscas y lutitas (Bell y Suárez,1997;Suárez *et al.*, 2009 en Suárez *et al.*, 2009b).

Las últimas etapas de condiciones submarinas en la cuenca de Aysén, están representadas por los conos de tobas del Complejo Volcánico Baño Nuevo (CVBN), al cual se le ha asignado una edad de ca. 120 Ma (Suarez y De La Cruz 2008 en Suarez *et al.*, 2009b), la cual es concordante con las edades asignadas a las capas más jóvenes de la Formación Apeleg , dada por los amonites fósiles.Es decir, la somerización final de la cuenca de Aysén habría tenido lugar de manera sincrónica con el volcanismo basáltico y andesítico que formaría los conos de tobas del CVBN(Suárez *et al.*, 2009).El desarrollo de este, indica un progresivo retroceso del mar del Cretácico temprano y sus características químicas indican un origen relacionado a subducción (Demant,Suárez y De La Cruz,2007b en Suárez *et al.*, 2009b).El CVBN representa la etapa emergente de Islas Volcánicas desarrollado en la parte superior de la Formación Apeleg(Demant,Suárez y De La Cruz,2007b;Suárez *et al.*, 2005;Suárez, De La Cruz y Bell,2007 en Suárez *et al.*, 2009) y habría marcado el reinicio del avance hacia el W de centro volcánicos asociados a subducción, generando el depósito de la Formación Divisadero.

Una inconformidad, no siempre presente, separa el Grupo Divisadero de las capas plegadas subyacentes de rocas marinas y volcánicas (Suárez and De La Cruz, 2000; Iannizzotto *et al.*, 2004 en Suárez *et al.*, 2009b). Esto sugiere que la desaparición de la cuenca de Aysén habría estado relacionada a un evento tectónico compresivo, previo a la deposición del Grupo Divisadero. A pesar de que las capas del Grupo Divisadero, sobreyacen usualmente las capas de la Formación Apeleg de manera paralela, este contacto ha sido interpretado como una paraconformidad(Suárez *et al.*, 2009b).

3.1.1 Unidades Estratificadas

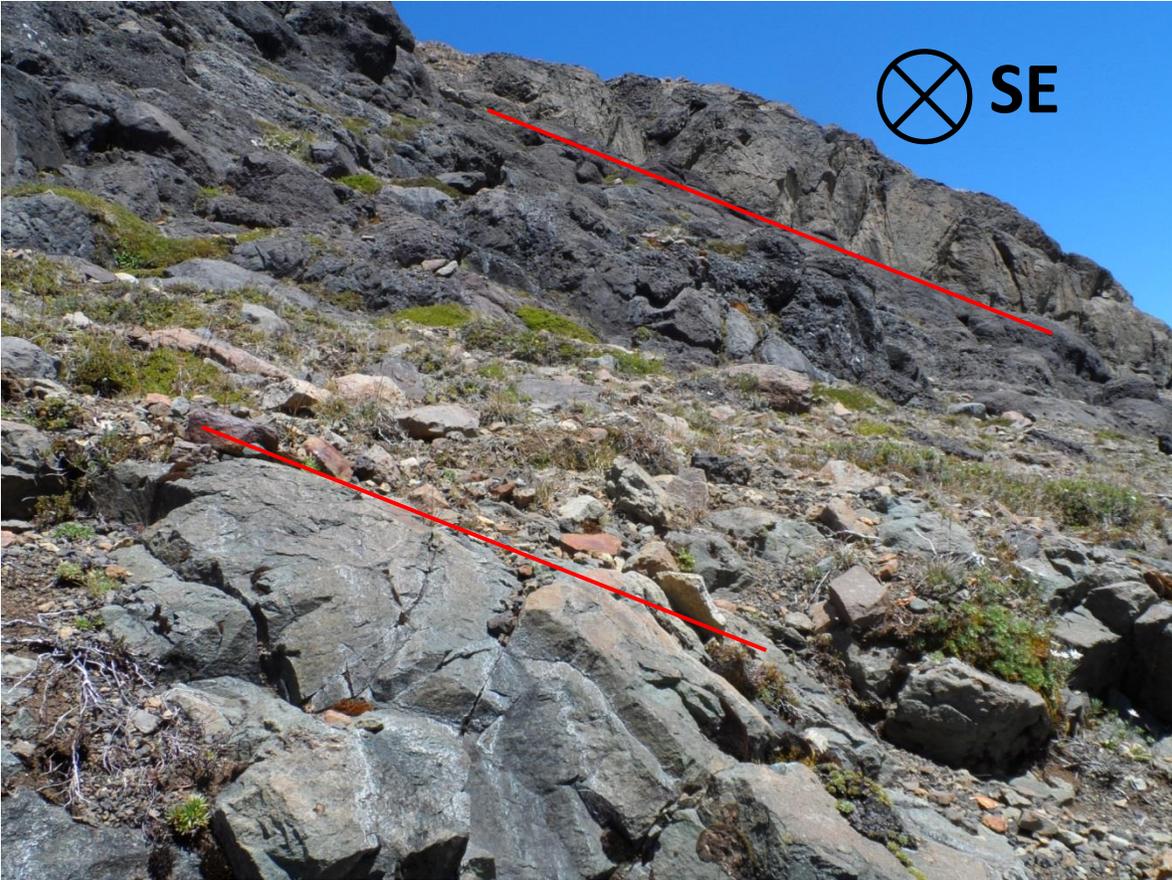
3.1.1.1 Formación Ibáñez

Representada en el área de interés por su sub-unidad más antigua, aflora en el sur de la zona de estudio. La fotografía 4 fue tomada desde las faldas del mismo Cerro Castillo, en dirección hacia el S, y permite observar el macizo asociado a la Formación Ibáñez. Además de la laguna Castillo, abajo en la fotografía.



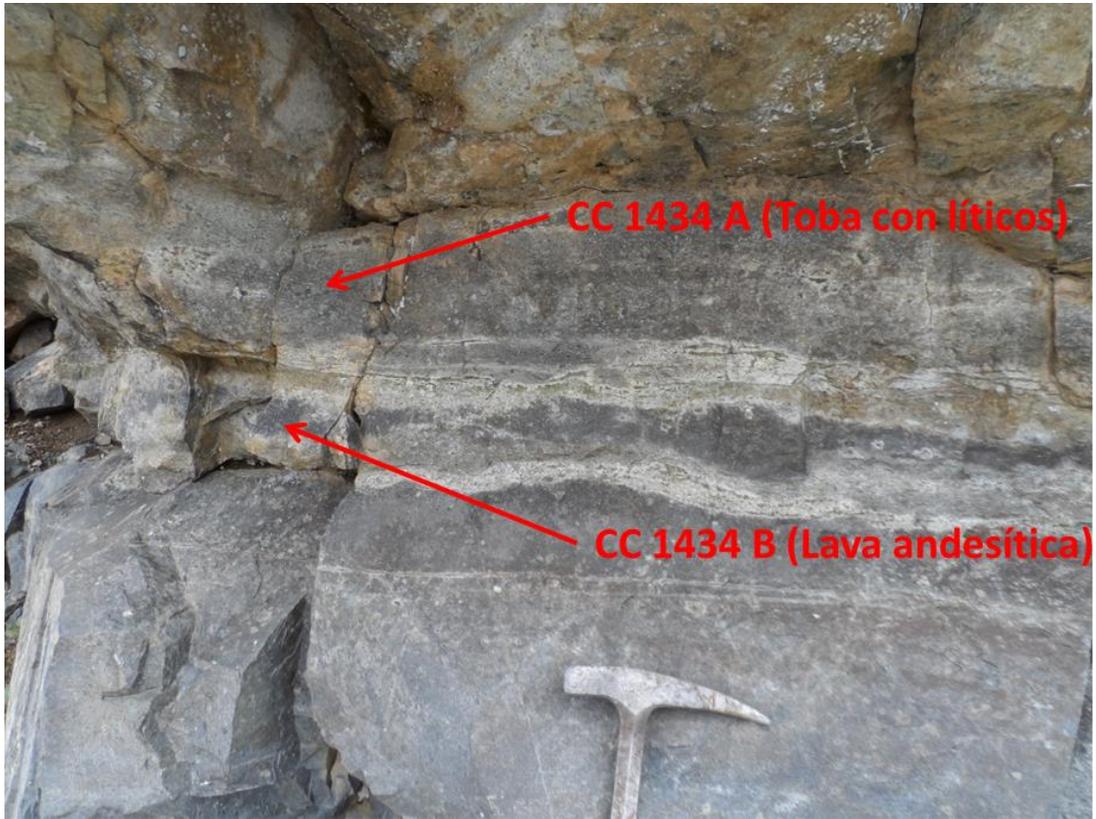
Fotografía 4: Vista hacia el S desde el Cerro Castillo, abajo se observa la Laguna Castillo.

La fotografía 5 permite apreciar capas estratificadas presentes en el bloque E, del macizo de la Formación Ibáñez presentado en la fotografía 4. Además, es posible observar la secuencia estratigráfica concordante, que presenta el bloque. La que, de abajo hacia arriba, está compuesta por una lava andesítica, seguida por una brecha monomíctica, altamente alterada, con presencia de vetillas de carbonatos. En el techo de la secuencia se ubica una toba con líticos, esta última capa presenta un espesor aproximado de 35 m.



Fotografía 5: Afloramientos Formación Ibáñez al S de la zona de estudio.

Además de aflorar al sur de la zona de estudio, esta formación compone parte de la zona baja del Cerro Castillo. En el área comprendida entre los 2 glaciares del Cerro Castillo, se encuentra un afloramiento de una lava andesítica (muestra CC 1434B.; Fotografía 6) seguida hacia el techo por una toba con líticos (muestra CC 1434; Fotografía 6), las cuales han sido descritas como pertenecientes a la Formación Ibáñez. A continuación se presenta la fotografía del afloramiento, en esta se indican el lugar de las muestras, además es posible apreciar las vetillas que cortan el afloramiento.



Fotografía 6: Afloramiento Formación Ibáñez y lugar de muestreo.

Estas muestras, actúan de manera representativa al hablar de la Formación Ibáñez en la zona de estudio. La muestra CC 1434A corresponde a una toba con líticos y escasos cristales de cuarzo y plagioclasa mientras que CC 1434B corresponde a una lava andesítica. A continuación se presentan fotomicrografías de estas 2 muestras, tanto a nícoles paralelos como cruzados.

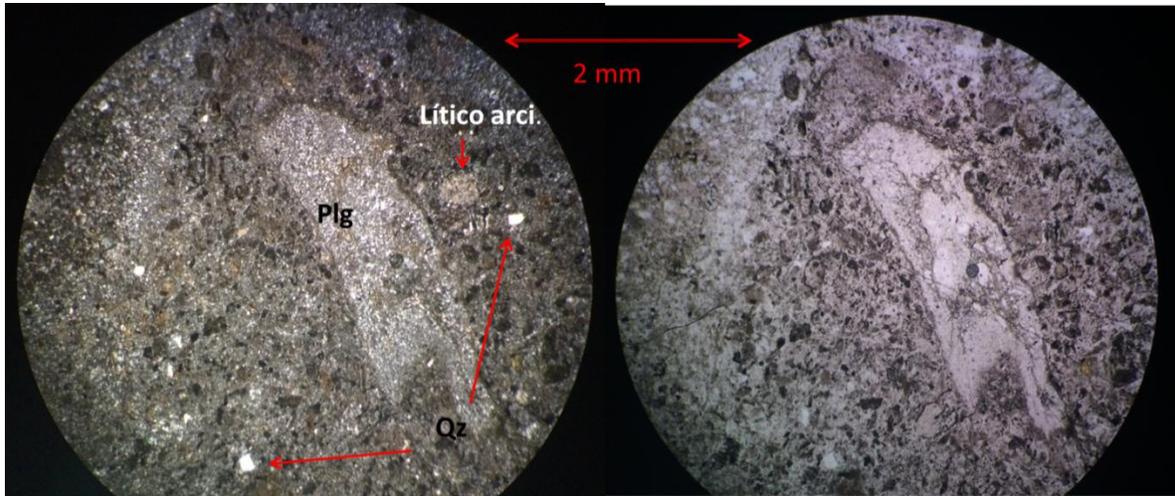
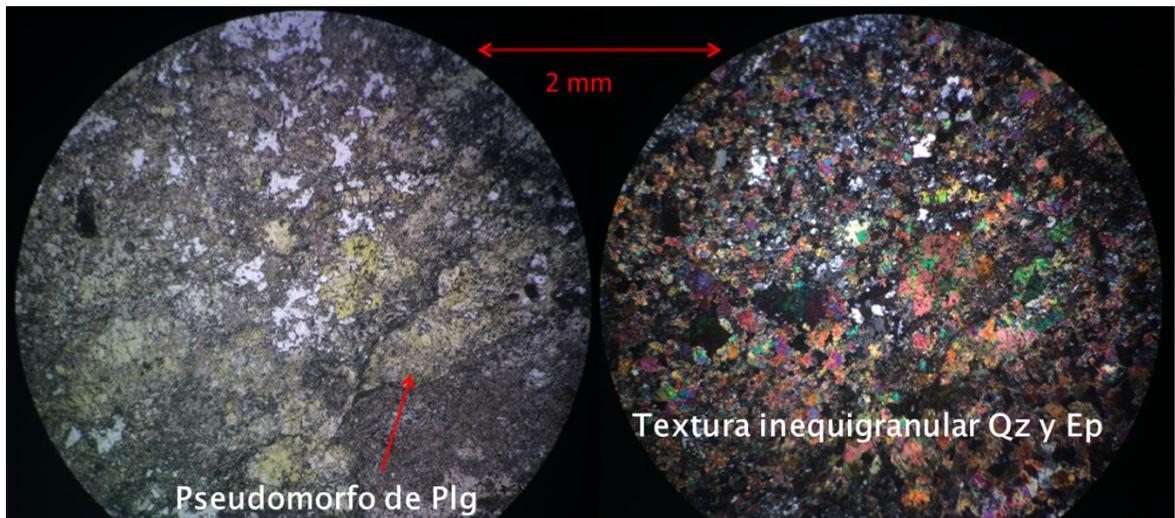


Imagen 11: Fotomicrografías de muestra CC1434A (Toba con líticos) con objetivo 5x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

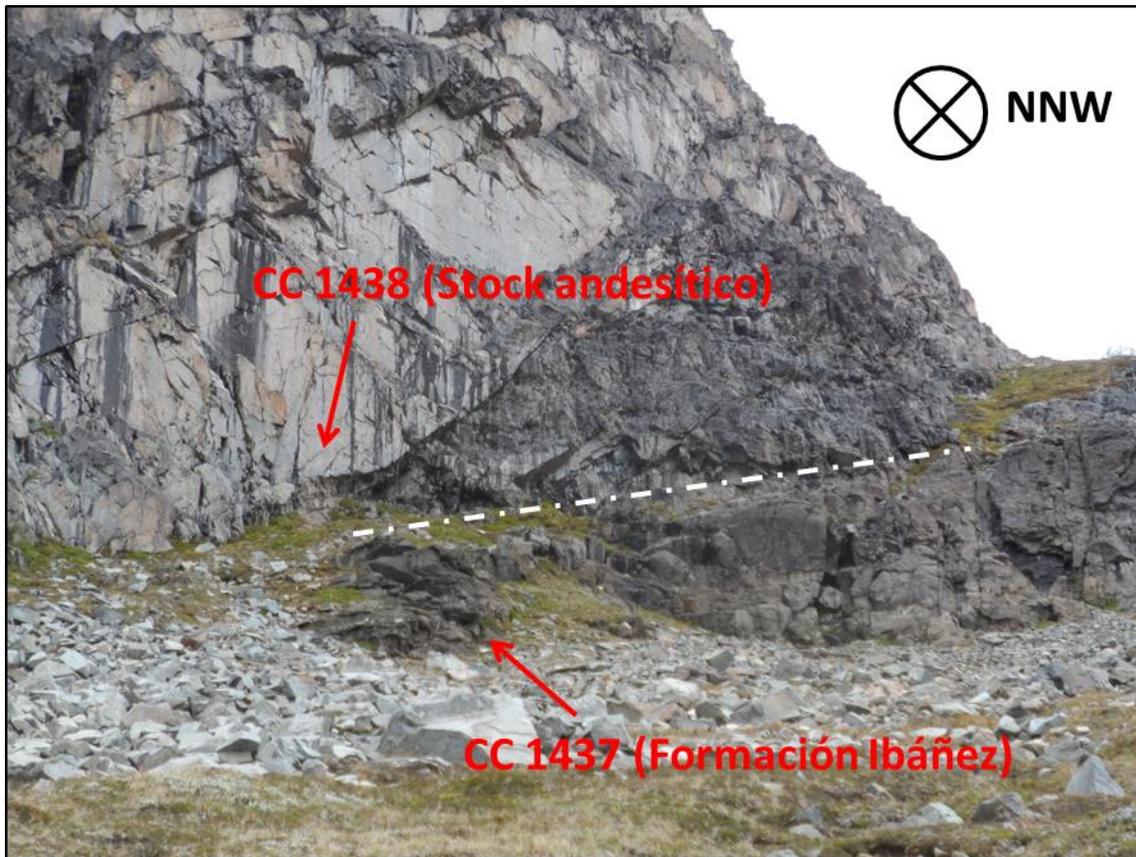
Imagen 12: Fotomicrografías de muestra CC1434B (Lava andesítica) con objetivo 5x, nicoles paralelos



(derecha) y cruzados (izquierda).

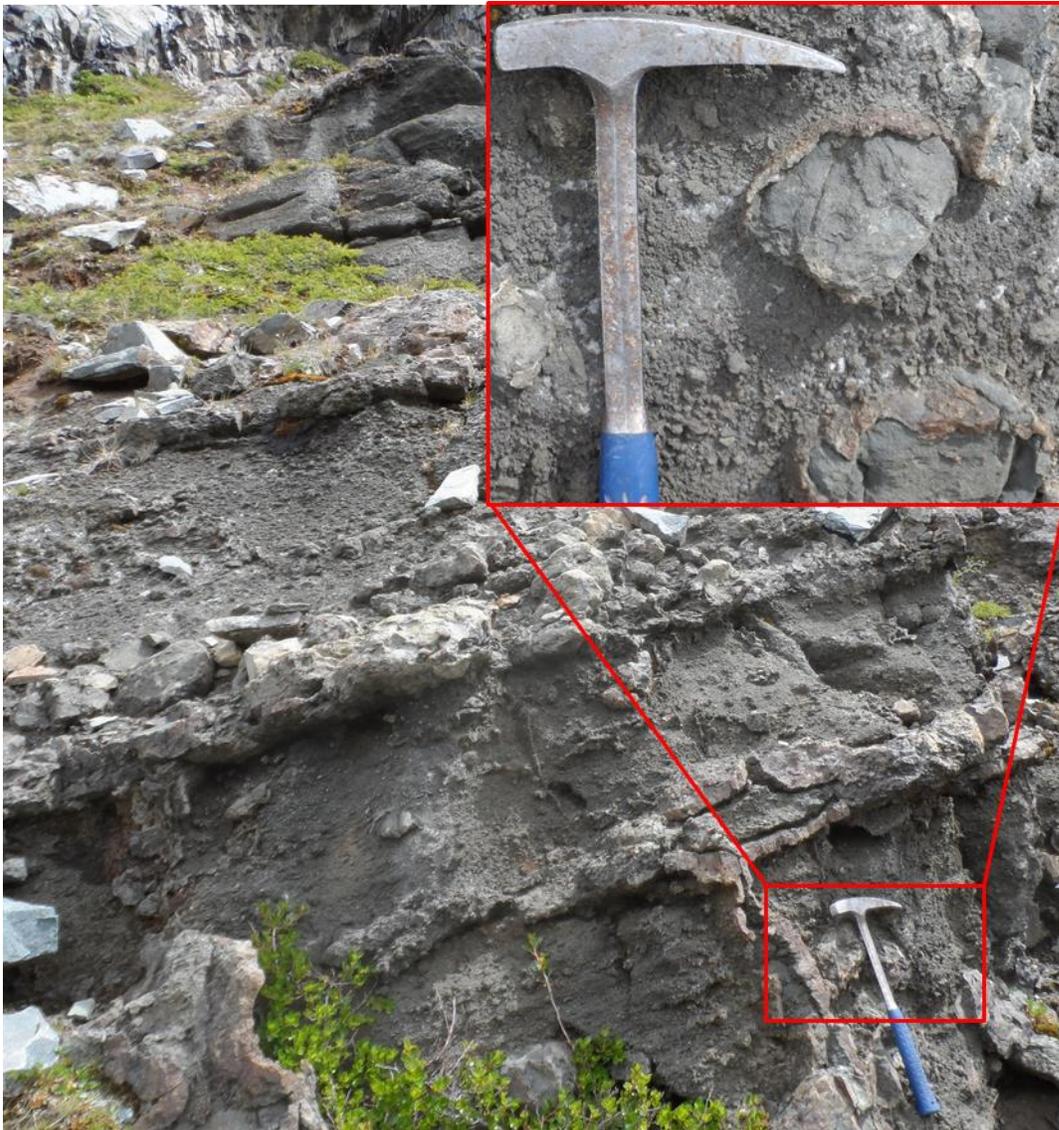
Continuando el ascenso hacia la cumbre por la ladera sur del Cerro Castillo, se observan 2 afloramientos (Fotografía 7), en los cuales se extrajeron las siguientes 2 muestras. El afloramiento al W (muestra CC 1438) corresponde a un cuerpo intrusivo,

constituido por una Diorita, mientras que al afloramiento que se encuentra al centro, y se muestra en detalle en la Fotografía 8.



Fotografía 7: Se observan los lugares de muestreo y la disposición de los afloramientos. La línea punteada indica el contacto inferido entre las 2 unidades.

A continuación se presenta una fotografía del afloramiento de donde se extrajo la muestra CC 1437. Este afloramiento no supera los 10 metros de espesor y se disgrega fácilmente, sin embargo presenta “clastos” mejor consolidados de los cuales se extrajo la muestra CC 1437, la cual ha sido descrita como una lava andesítica perteneciente a la Formación Ibáñez. Es posible apreciar estos “clastos” en el zoom presente en la Fotografía 8.



Fotografía 8: Afloramiento y zoom del lugar específico de la obtención de la muestra CC 1437(Lava andesítica).

3.1.1.2 Grupo Coyhaique

Pueden encontrarse afloramientos de este grupo, desde Futaleufú (43°S; De La Cruz et al., 1996), hasta la zona de Campos de Hielo Sur (48° 30'; Sepúlveda ,2000 en Quiroz y Bruce, 2010), ubicados de manera discontinua en una franja N-S que incluye territorio chileno y argentino. El grupo Coyhaique fue depositado en un ambiente de mar epicontinental somero, generado en una cuenca de retroarco, asociada a subsidencia térmica (Bell y Suárez, 1997).Este comprende, de base a techo, las siguientes tres formaciones a describir (Toqui, Katterfeld y Apeleg), y la sucesión representa un ciclo transgresión-regresión(Suárez et al., 2009 en Suárez et al.,2010).

3.1.1.3 Formación Toqui

En estudios anteriores se ha propuesto que esta unidad debiese aflorar en la zona de estudio, puesto que se han reportado rodados de calizas coquinoideas al E de la laguna Castillo (Quiroz y Bruce, 2010). Este afloramiento fue descubierto durante la campaña de terreno de este estudio, y se presenta la fotografía 9.



Fotografía 9: Afloramiento Formación Toqui.

Afloramiento de no más de 6 metros de espesor, se encuentra delimitado en su base y techo por cuerpos intrusivos. Se propone que esta intrusión habría ocurrido de manera concordante con la estratificación siguiendo los planos de debilidad asociados a los contactos litológicos. Esta intrusión puede apreciarse de manera clara hacia el techo puesto que la concentración del mineral (o minerales) café, aumenta al acercarse a la intrusión (Fotografía 10). Además se observan morfologías curvas, las que han sido interpretadas como erosión por el desagua del glaciar que se encuentra arriba de este afloramiento (Fotografía 11). Sin embargo, se ha descrito una alta presencia de carbonatos por lo que no se puede descartar un carácter kárstico en esta morfología.



Fotografía 10: Contacto entre el techo del afloramiento y dique que lo intruye. Es importante notar como aumenta la concentración de granate hacia la intrusión.



Fotografía 11: Se pueden observar las morfologías curvas del afloramiento.



Fotografía 12: Detalle del afloramiento. Es posible apreciar el relieve negativo y color blanco, que corresponde a calcita, mientras que el relieve positivo y tonos pardos corresponden a granate.

En la fotografía 12 se muestra el afloramiento en detalle, es importante notar la presencia del mineral café que ahí aparece. Éste fue descrito en terreno como granate, sin embargo el análisis de la sección transparente invita a pensar que este mineral pudiese corresponder a vesuvianita puesto que algunos cristales presentan un carácter pseudo isótropo, además no se observan las zonaciones concéntricas en todos los cristales y la vesuvianita se presenta como ocurrencia común en limolitas metamorfoseadas por contacto con cuerpos intrusivos (Thompson & Thompson, 1996).

A continuación se presenta un set de fotomicrografías de la sección transparente de la muestra CC 1421, la cual corresponde a la obtenida de este afloramiento.

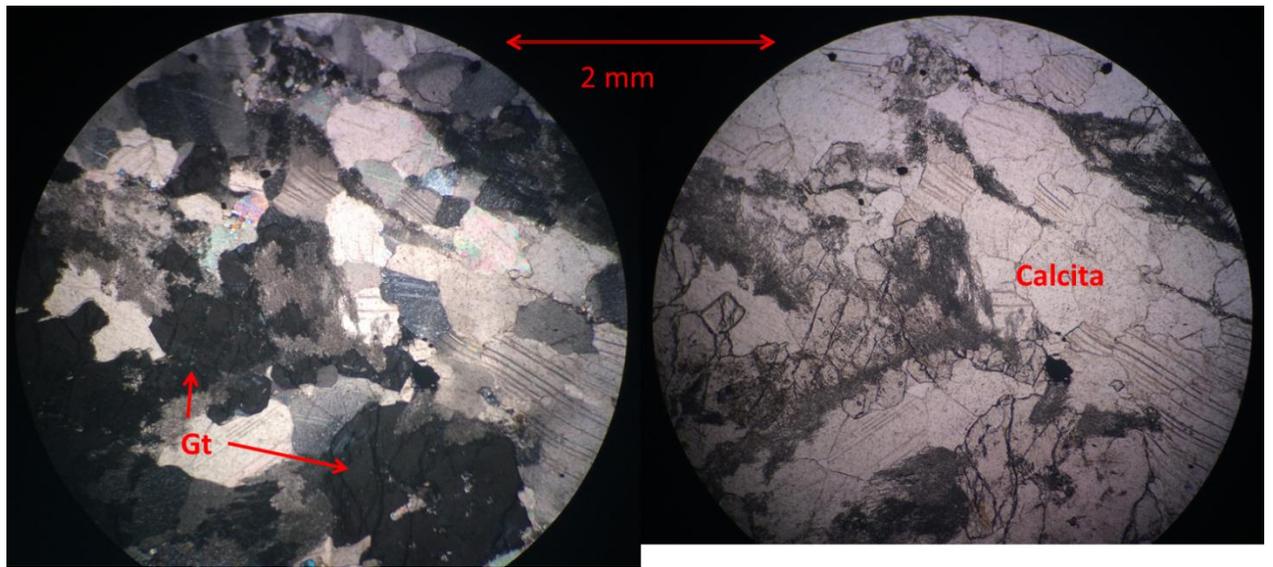


Imagen 13: Fotomicrografías de muestra CC1421 (Meta-Coquina) con objetivo 5x, nicols paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

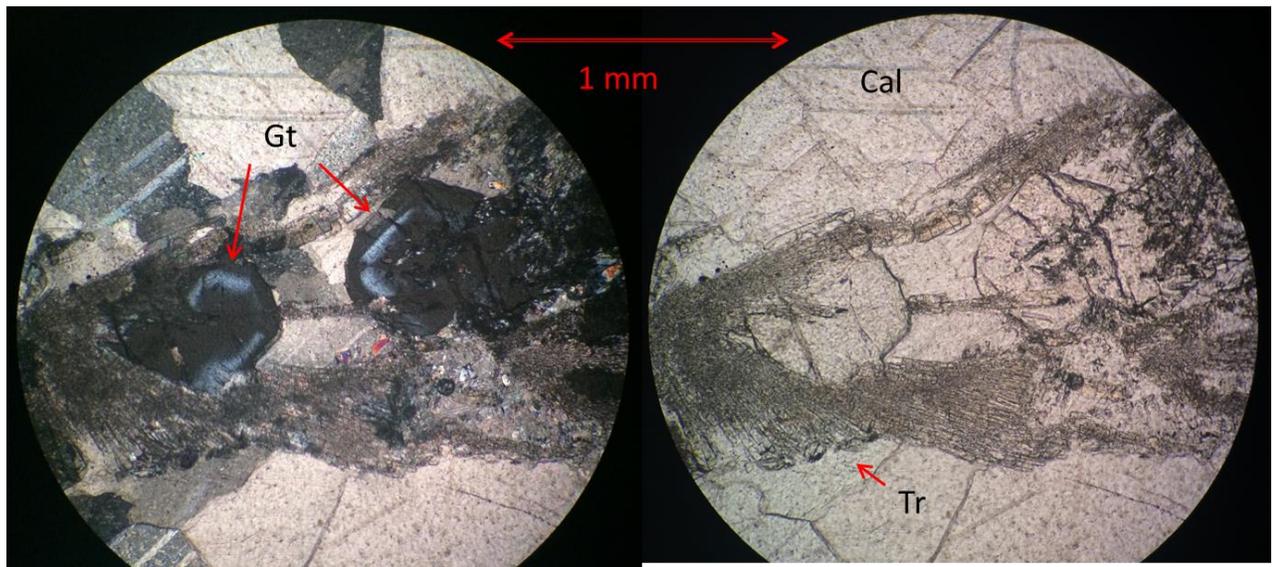


Imagen 14: Fotomicrografías de muestra CC1421 con objetivo 10x, nicols paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

En la primera imagen es sencillo notar los granos recristalizados de calcita, además se observa un mineral de alto relieve, el cual puede interpretarse como granate. Sin embargo, al observar la imagen a nicols cruzados, se puede notar que este mineral no se encuentra extinto del todo, es decir que presenta un carácter pseudo-isótropo.

La segunda imagen corresponde a una de mayor aumento, y a otra zona de la sección transparente. En esta es posible observar el mismo mineral (a nicoles paralelos) de alto relieve, sin embargo al cruzar los nicoles se observa una zonación concéntrica, típica de los granates. Si bien estas observaciones no permiten dilucidar de manera clara si el mineral presente corresponde a vesuvianita o granate, se postula que se observan ambos minerales en la muestra.

Es por esta razón que se han realizado análisis XRD en el laboratorio de la Universidad Andrés Bello, los que indican que este mineral presenta peaks indicativos de granate, de 2 composiciones, Ca y Mn. Estos peaks, se encuentran montados, por lo que no se ha podido dilucidar si corresponden a dos fases minerales distintas o a una sola fase que presenta un gradiente composicional. Además se observó la presencia de vesuvianita pero con leve orientación preferencial en su peak. Se adjunta en Anexos los resultados de este análisis.

3.1.1.4 Formación Katterfeld

Al SW de la zona de estudio, han sido descritos afloramientos de esta unidad de hasta 500 metros de espesor (Quiroz y Bruce, 2010). En el estudio en terreno se recolectaron 5 muestras que han sido asignadas a esta unidad. Cabe destacar que esta unidad (no de manera particular ni excluyente) se encuentra altamente alterada en la zona de estudio. A continuación, se presenta una imagen que incluye afloramientos de la Formación Katterfeld tanto en la zona de estudio como en otros sectores de la región, específicamente al NW de Coyhaique. El afloramiento a la izquierda en la imagen presenta una fuerte alteración además de un sill de 1,5 m. Este afloramiento, corresponde a un punto de muestreo y se asocia a la muestra CC 1429. Mientras que la roca en el afloramiento de la derecha se disgrega fácilmente, además presenta fósiles (Belemnóideo) y niveles calcáreos (nivel naranjo), este afloramiento se encuentra fuera de la zona de estudio.

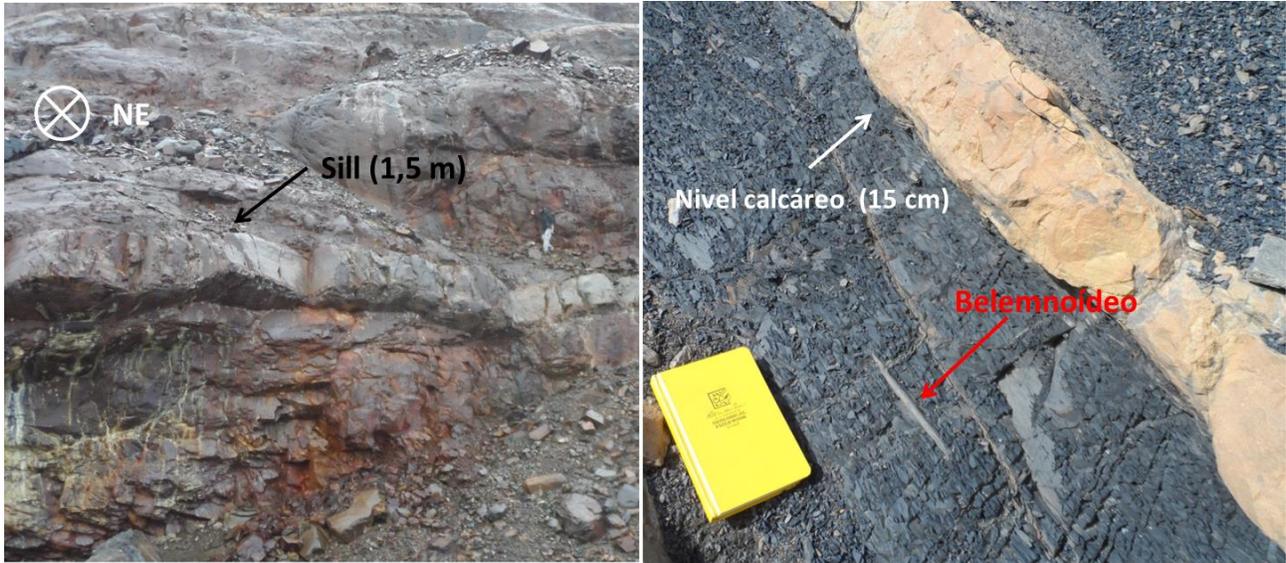
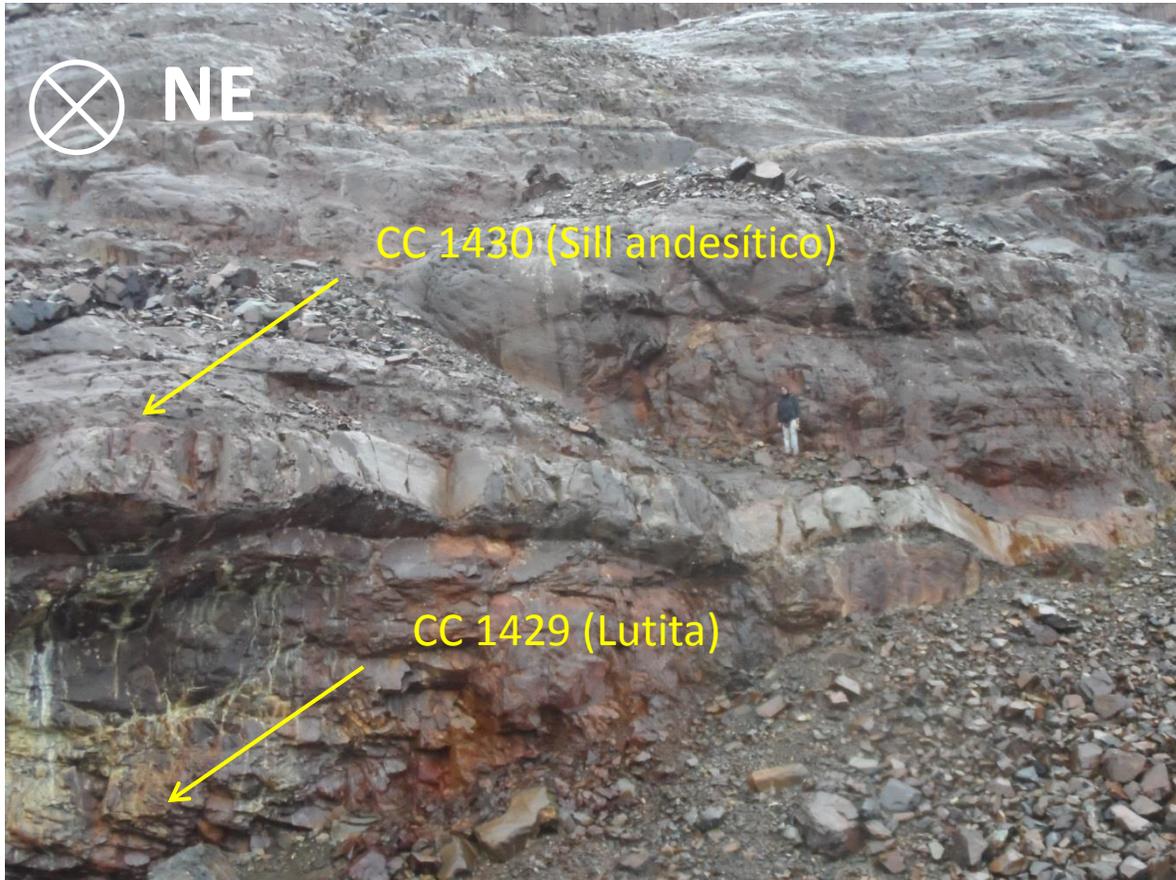


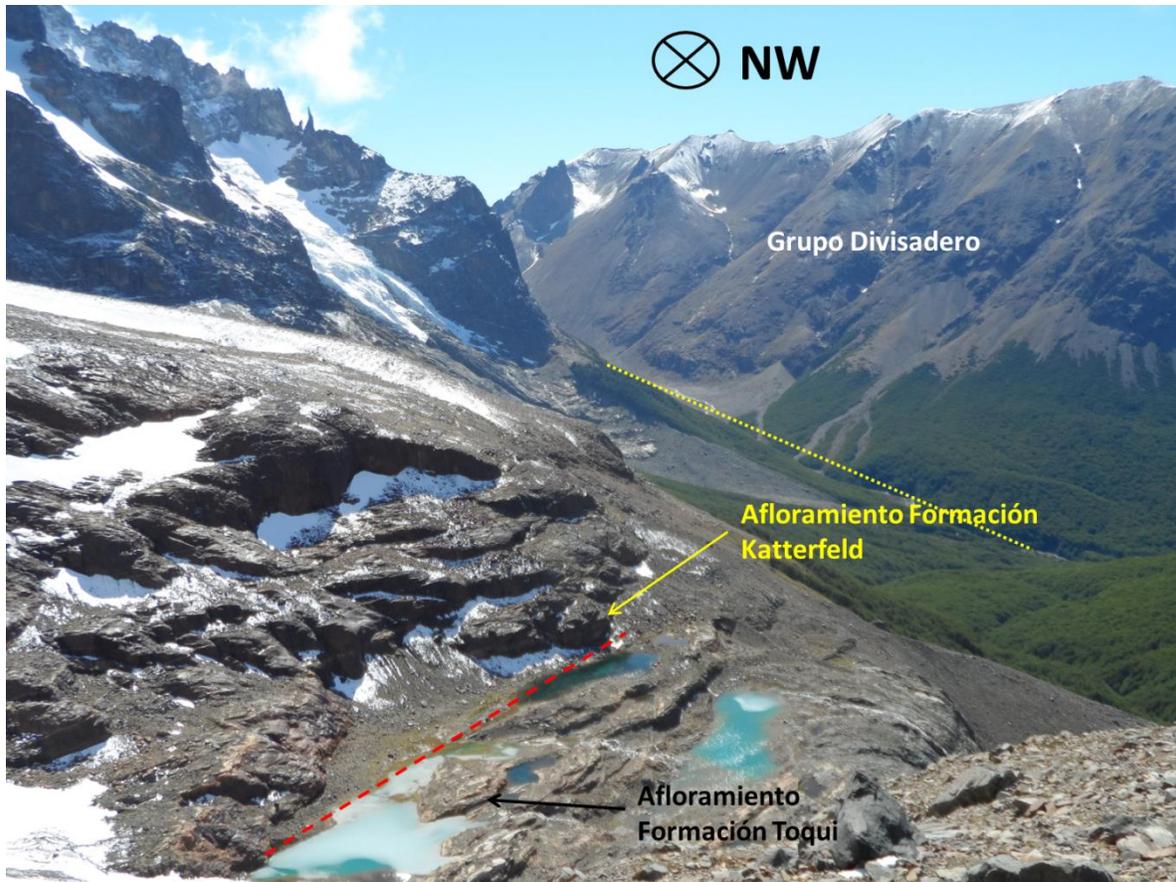
Imagen 15: Afloramiento de Formación Katterfeld en la zona de estudio (izquierda); Afloramiento Formación Katterfeld al NW de Coyhaique (derecha).

Se han descrito afloramientos de esta unidad al E de la zona de estudio, uno de estos se ubica solo 3 metros por encima de las muestras asignadas a la Formación Toqui, sin embargo, el contacto se encuentra pobremente expuesto y no puede ser observado. En la fotografía 13 se puede apreciar el afloramiento, además de un sill que se encuentra intruyendo la secuencia, de manera concordante con la estratificación.



Fotografía 13: Afloramiento Formación Katterfeld (muestra CC 1429), mientras que la muestra CC 1430 corresponde a un sill de aprox. 1,5 m de espesor que se encuentra intruyendo la secuencia.

Este afloramiento, en conjunto con la descripción de las calizas coquinoideas asignadas a la Formación Toqui, permite inferir el contacto entre estas 2 unidades (Fotografía 14), el cual se supone de manera concordante con la estratificación observada en el afloramiento asignado a la Formación Katterfeld, es decir subhorizontal.



Fotografía 14: Contacto inferido (línea punteada roja) entre Formación Toqui y Formación Katterfeld. Además, la línea punteada amarilla muestra la traza de la estructura NE descrita en la zona de estudio.

Hacia el W en la zona de estudio, se han descrito afloramientos de la Formación Katterfeld, los cuales se presentan en la Fotografía 15. Estos, presentan un carácter masivo, el cual se otorga a los procesos de alteración que han sido expuestos. Sin embargo, a escala de muestra de mano es posible observar los planos de estratificación o laminación (Fotografía 15, abajo izquierda).



Fotografía 15: Lugar de muestreo de CC1412 y CC1414, descritas como Meta-Limolita y Meta-GrauWacka, respectivamente. Además se observa la estratificación en el afloramiento de la muestra CC 1414 (en el rectángulo, abajo a la izquierda).

En esta fotografía es posible apreciar, como hacia el W de la zona de estudio, se continúan describiendo afloramientos asociados a esta unidad. Esto, en conjunto con la disposición de los afloramientos del Grupo Coyhaique en el mapa N° 124 (Quiroz y Bruce, 2010), permite inferir una continuidad lateral que presenta esta unidad en la zona de estudio. Esta continuidad se aprecia en una dirección SW-NE. A continuación se presenta una imagen con microfotografías de la sección transparente de la muestra CC1429.

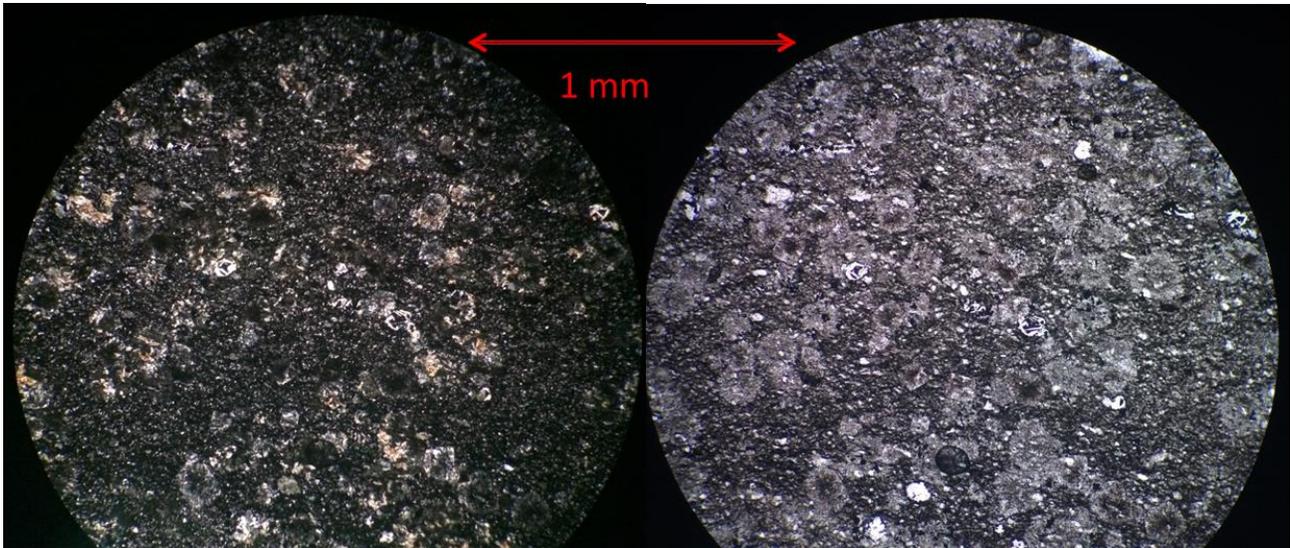


Imagen 16: Fotomicrografías de muestra CC1429 (Lutita) con objetivo 10x, nicols paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

A continuación se presenta una tabla con las muestras asignadas a la Formación Katterfeld, con su respectiva ubicación y elevación por sobre el nivel del mar a la que se encuentran.

| Muestra | E | N | m.s.n.m |
|---------|---------|--------|---------|
| CC 1408 | 4894506 | 717068 | 1655 |
| CC 1411 | 4894461 | 717032 | 1607 |
| CC 1412 | 4894461 | 717032 | 1607 |
| CC 1414 | 4894422 | 717017 | 1623 |
| CC 1429 | 4894865 | 717817 | 1333 |

Tabla 1: Ubicación y elevación de las muestras asignadas a la Formación Katterfeld.

La distribución de las muestras obtenidas permite estimar una potencia mínima de esta unidad en la zona de estudio que corresponde a 322 m. Esta potencia se encuentra distribuida en una franja de orientación NE, la cual tiene como base el afloramiento de la Formación Toqui (Fotografía 15) y como techo (mínimo) la muestra CC 1408.

3.1.1.5 Formación Apeleg

En concordancia con lo expuesto anteriormente, se propone, que la secuencia estratigráfica normal debiese continuar hacia la cumbre. De esta manera las partes más altas del Cerro debiesen corresponder a afloramientos de la Formación Apeleg.

La muestra tomada a mayor elevación por sobre el nivel del mar corresponde a la muestra CC 1422 (1678 m.s.n.m), la cual ha sido descrita como arenisca con intercalaciones subordinadas de lutitas y por tanto asociada a la Formación Apeleg. A continuación se presentan fotomicrografías de esta muestra.

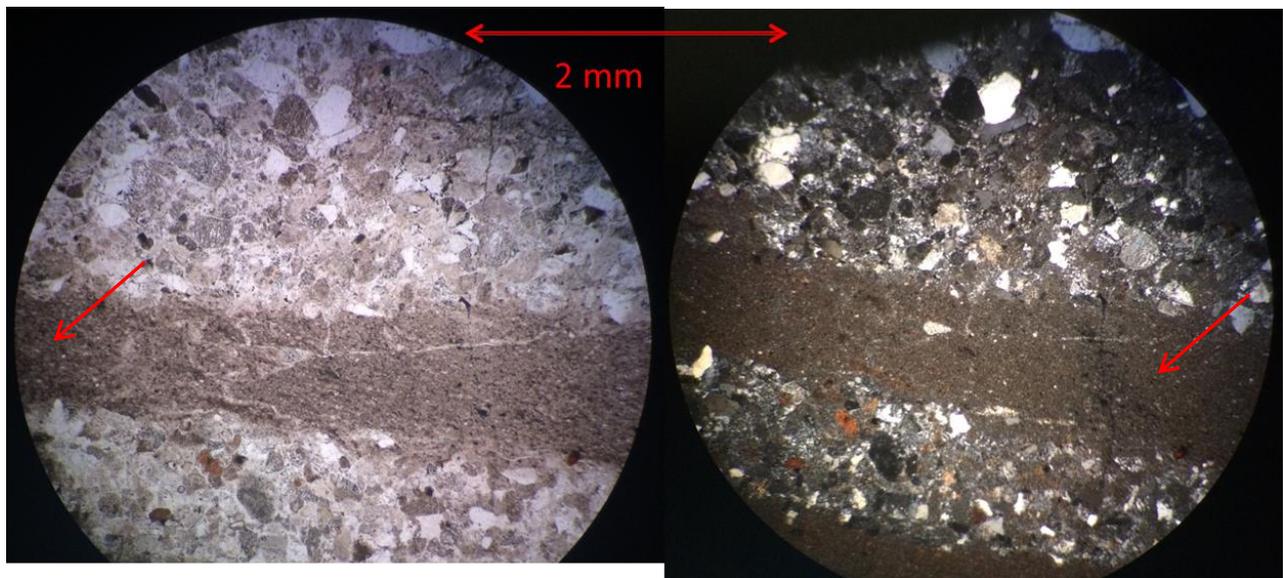


Imagen 17: Fotomicrografías de muestra CC1422 (Arenisca con intercalaciones de lutitas) con objetivo 5x, nicols paralelos (Izquierda) y cruzados (derecha).

En la imagen es posible apreciar los niveles de arenisca, entre los cuales aparecen niveles finos de lutitas (flechas rojas).

Dado que esta muestra se encuentra 23 metros más arriba que la muestra tomada a mayor altura perteneciente a la Formación Katterfeld, se propone que el contacto entre estas 2 unidades debiese encontrarse en esta pequeña zona sin muestrear. Es decir, entre los 1678 y los 1655 m.s.n.m..

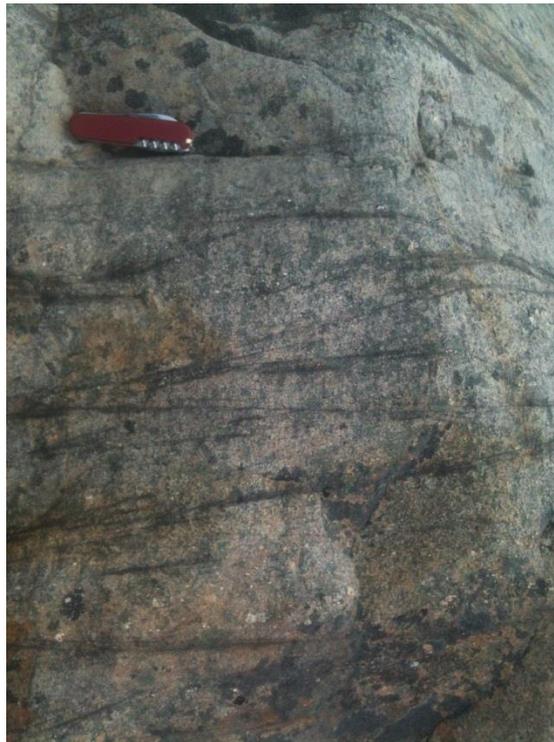
Es importante destacar que esta muestra se encuentra a 1678 m.s.n.m, mientras que la cumbre del Cerro Castillo se encuentra a 2318 m.s.n.m (Scalabrino *et al.*, 2010), lo que no permite conocer con certeza de primer orden (al no tener muestras de las cotas más altas) que unidad aflora realmente en la cima. Sin embargo, en terreno se observaron bloques desprendidos en la zona relativamente baja formada entre el Cerro Castillo, al norte, y los bloques de la Formación Ibáñez, al sur. Estos pueden observarse en la fotografía 16.



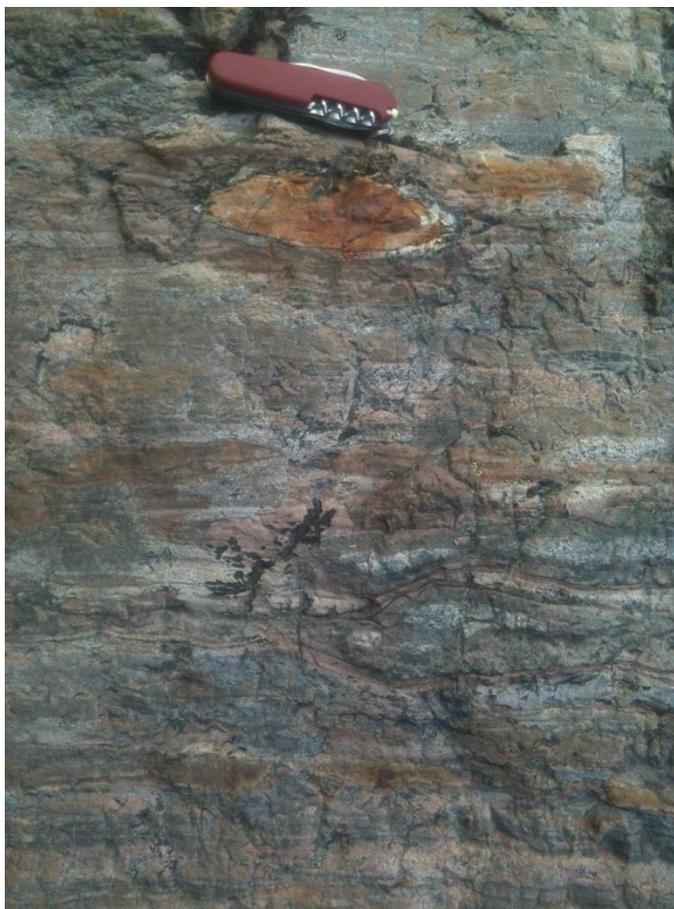
Fotografía 16: Las flechas rojas indican los bloques caídos, los cuales presentan litologías de areniscas con intercalaciones subordinadas de lutitas y por lo tanto asociados a la Formación Apeleg.

Es importante notar que estos bloques presentan un tamaño mayor a la mayoría de los clastos que se encuentran en los depósitos alineados que se observan en la fotografía 14. Estos depósitos han sido interpretados como morrenas laterales de las últimas etapas del glaciar que descendía hacia el NE. Además, los bloques indicados con las flechas no se encuentran necesariamente en estos depósitos alineados lo que sugiere una proveniencia distinta al proceso mencionado recientemente. Cabe destacar, que los bloques presentan bordes aserrados lo que sugiere poco transporte. Ya que estos bloques se encuentran en una pequeña depresión formada por el Cerro Castillo, y los afloramientos de la Formación Ibáñez al sur de la zona de estudios, esto limita su procedencia a una de estas 2 zonas altas que la flanquean. Ya que las rocas observadas en terreno en el flanco S, corresponden mayormente a tobas y lavas de la Formación Ibáñez, no existe relación litológica con los bloques, ya que estos presentan litologías de intercalación de capas de areniscas y lutitas. Además es posible observar indicios de laminación cruzada en la intercalación de capas (Fotografía 16 y 17), lo que sugiere un ambiente mareal. Además se han adjuntado en Anexos, fotografías de otros bloques caídos.

La suma de todos estos factores permite suponer que estos bloques habrían caído desde el N, donde se habrían desprendido de las cotas altas del Cerro Castillo, zona en la cual aflora la Formación Apeleg.



Fotografía 17: Bloque asignado a la Formación Apeleg, notar las intercalaciones de lutitas y la laminación cruzada que presentan.



Fotografía 18: Bloque en detalle. Se puede apreciar las intercalaciones de areniscas y lutitas.

Basado en lo anteriormente expuesto, se puede estimar la potencia de la Formación Apeleg en la zona de estudio, la cual corresponde a 640 metros.

3.1.1.6 Columna Estratigráfica

En base a las unidades descritas en la zona de estudio, se postula la columna estratigráfica representativa. Cabe destacar que se han descrito varios cuerpos intrusivos (de diversas escalas), los cuales se disponen de manera concordante a la estratificación, lo que podría generar una sobrestimación de los espesores propuestos.

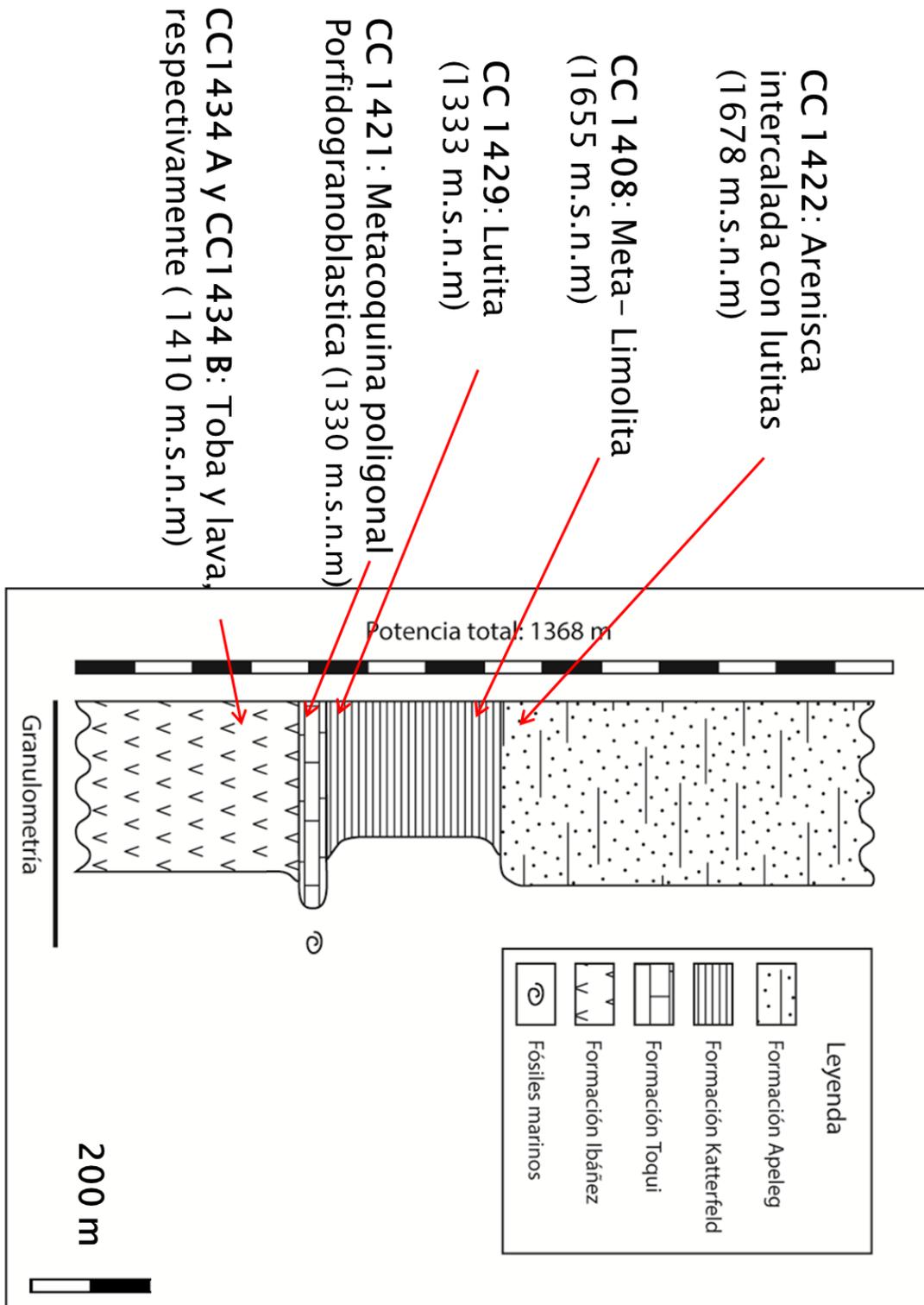


Imagen 18: Columna estratigráfica de la zona de estudio, con la ubicación de las muestras obtenidas.

3.1.2 Rocas Intrusivas

En la zona de estudio afloran un gran número de cuerpos intrusivos, estos presentan un amplio rango tanto en su composición química como su disposición en terreno. Han sido descritos cuerpos mayores graníticos, los cuales han sido asociados al Batolito Patagónico. Además han sido descritos cuerpos menores, de composiciones (generalmente) más primitivas, como diques y sills andesíticos.

Estos cuerpos, se encuentran intruyendo a rocas de la Formación Ibáñez, Formación Toqui, Formación Katterfeld, además de sus contactos. Han sido descritas intrusiones de escala centimétrica (Fotografía 15, abajo izquierda), hasta cuerpos tabulares sub-horizontales de decenas de metros (Fotografía 19). Es importante notar, que se han observado cuerpos intrusivos que cortan las secuencias estratigráficas, como el dique de la Fotografía 15. Sin embargo, gran parte de las intrusiones descritas se encuentran de manera concordante a la estratificación, o en los contactos litológicos entre las distintas unidades.

A continuación se presentan fotomicrografías obtenidas de las secciones transparentes CC 1410 y CC 1403, las cuales enseñan de manera representativa las muestras clasificadas como Dioritas y Granitos, respectivamente. Estas, corresponden a la clasificación más común dentro de los cuerpos intrusivos muestreados en la zona de estudio.

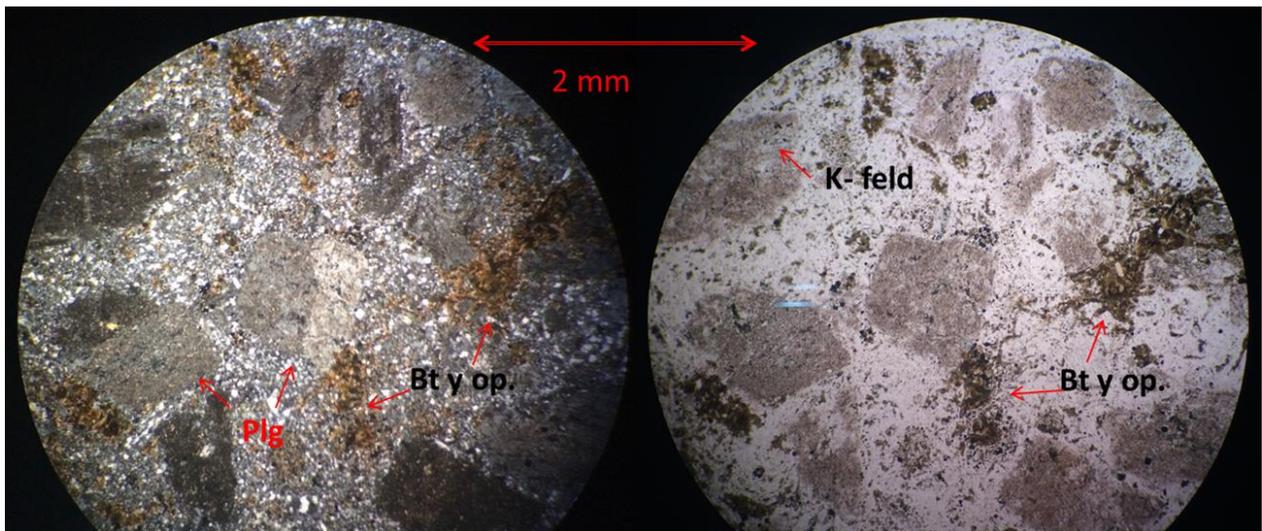


Imagen 19: Fotomicrografías de muestra CC1410 (Diorita) con objetivo 5x, nicols paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

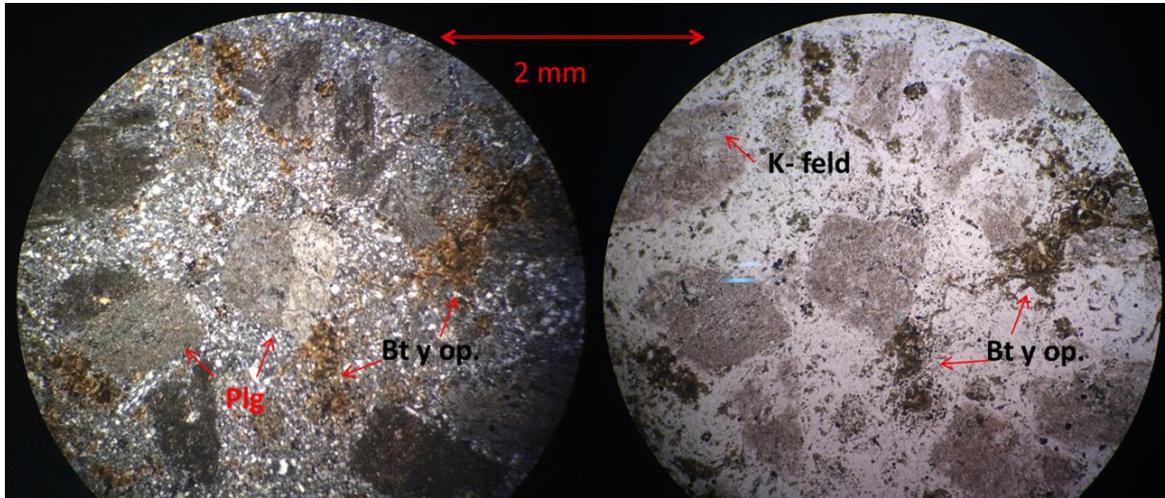
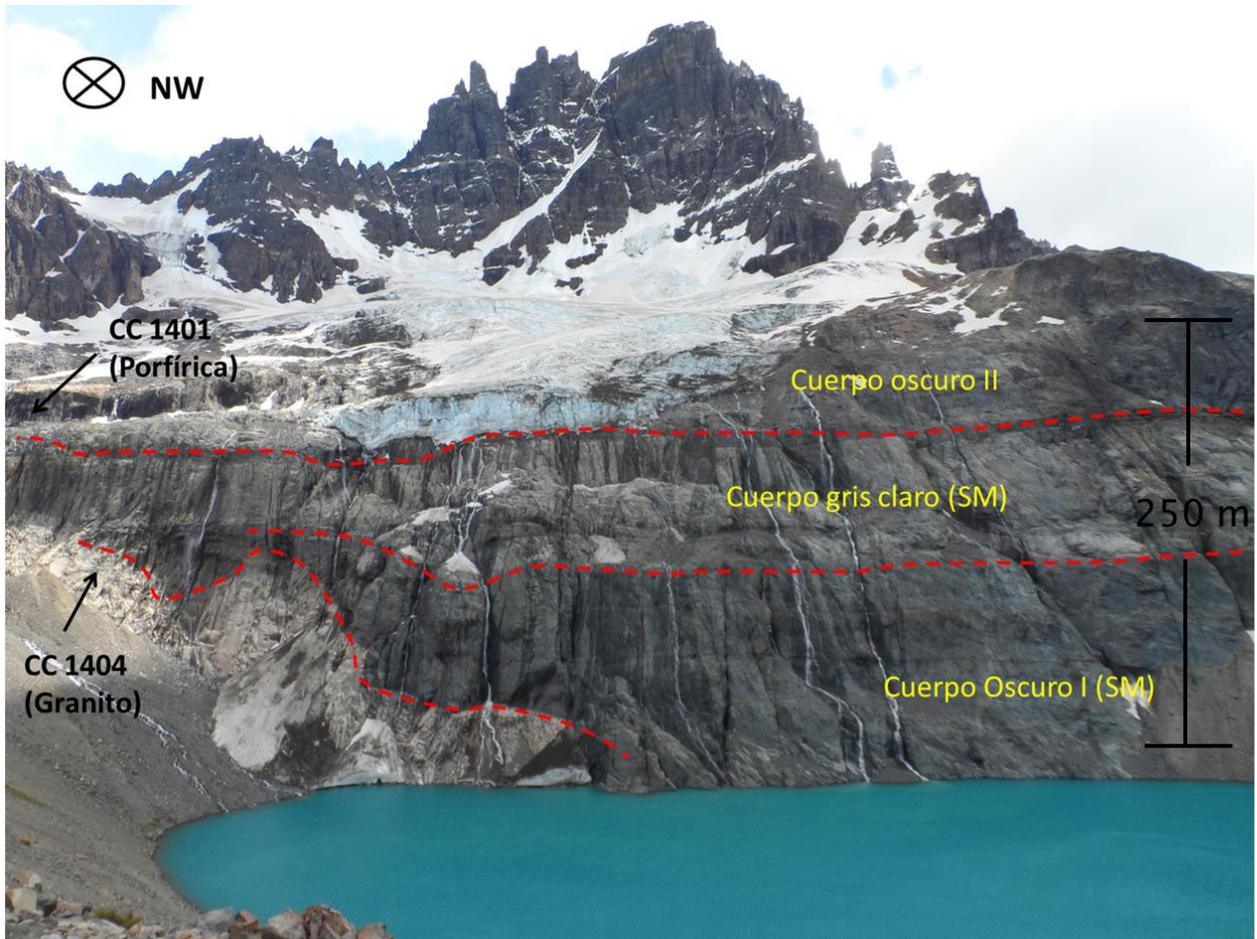


Imagen 20: Fotomicrografías de muestra CC1403 (Granito) con objetivo 5x, nicols paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

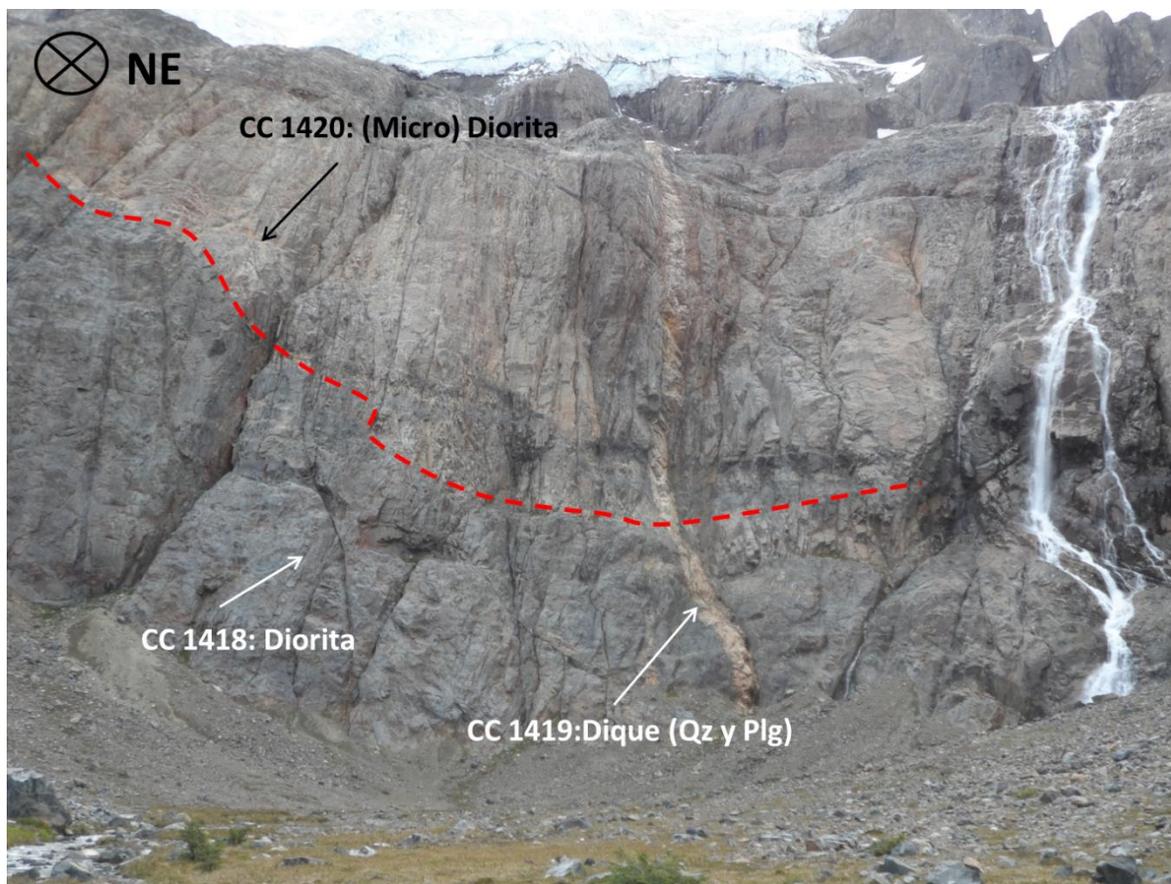
Además, se han descrito cuerpos tabulares sub-horizontales. Estos se disponen en una franja orientada SW-NE, a lo largo de la traza de la falla propuesta en la zona de estudio.

A continuación, se presentan las 3 áreas de donde se extrajeron muestras de estos cuerpos tabulares sub-horizontales. La primera corresponde al área entre la Laguna Glaciar y el Cerro Castillo (Fotografía 19). En este lugar, es posible apreciar 4 cuerpos, distinguibles a simple vista, lamentablemente, solo fue posible obtener muestra del cuerpo superior e inferior, debido a que el acceso a los cuerpos intermedios se encuentra restringido por la topografía.



Fotografía 19: Líneas punteadas indican los contactos entre los distintos cuerpos intrusivos.. Muestra CC 1401: Cuerpo hipabisal andesítico; Muestra CC 1404: (Micro) Granito. (SM): Sin muestra.

Hacia el NE de la zona de estudio, se encuentra otra área donde afloran estos cuerpos tabulares sub-horizontales. Esta se presenta en la fotografía 20.



Fotografía 20: Segunda área de afloramientos de cuerpos tabulares sub-horizontales. Línea punteada indica el contacto entre los distintos cuerpos intrusivos.

A continuación se presentan microfotografías de las muestras CC1418 y CC1420. Las cuales han sido clasificadas como Diorita y (Micro) Diorita, respectivamente. Cabe destacar que el prefijo (Micro) es usado para referirse a las muestras que presentan un tamaño menor de grano, relativo a otras muestras. Y el prefijo (Meta) es utilizado cuando las muestras presentan una alteración importante.

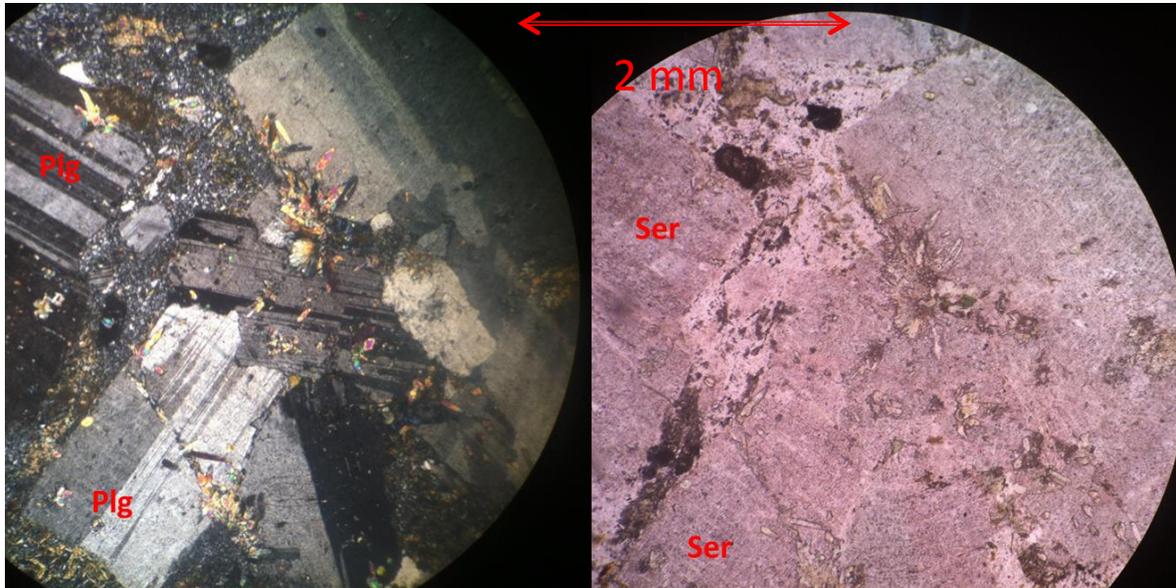


Imagen 21: Fotomicrografías de muestra CC1418 (Diorita) con objetivo 5x, nicols paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

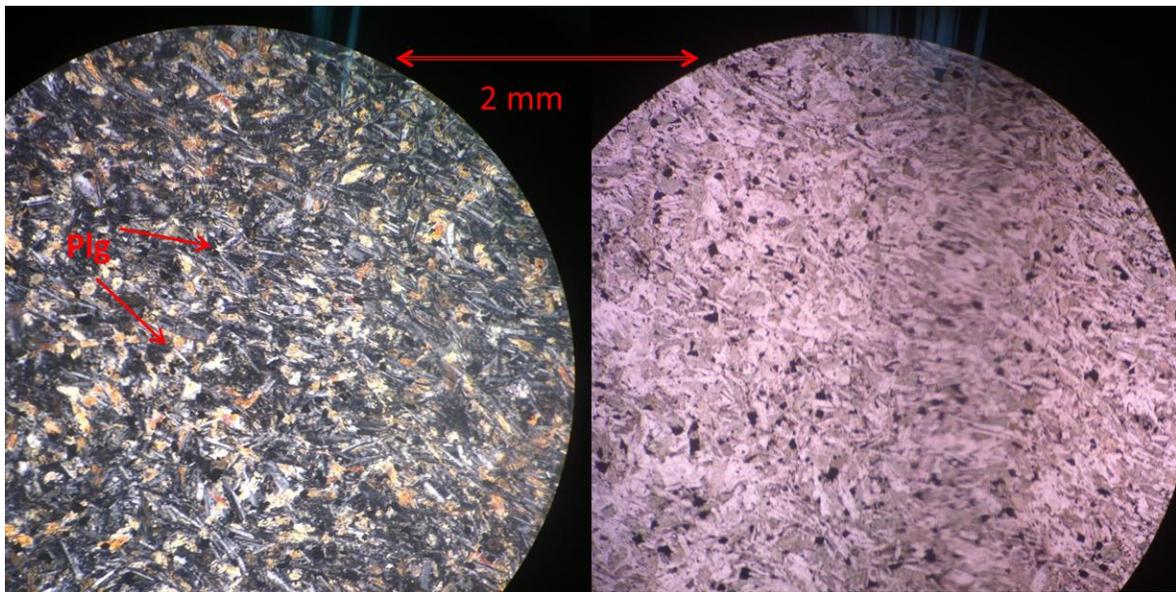
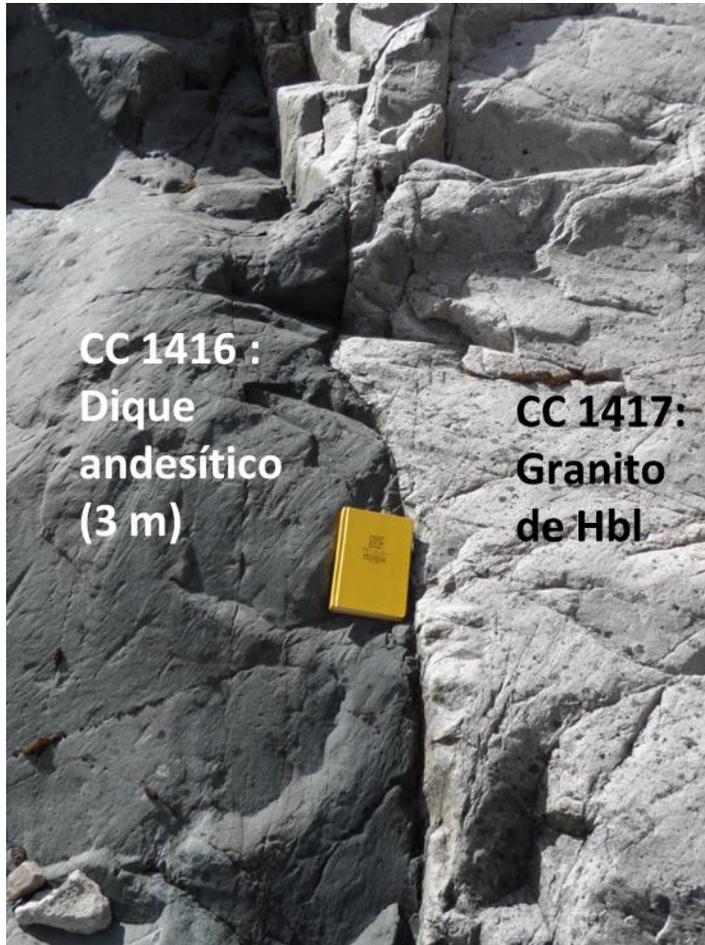


Imagen 22: Fotomicrografías de muestra CC1420 (Micro-Diorita) con objetivo 5x, nicols paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

En el extremo NE de la zona de estudio (Fotografía 20), se toma la muestra CC 1417, esta corresponde a un cuerpo intrusivo descrito como un Granito de horblenda. Este, se encuentra intruido por un dique andesítico verde (CC 1416) .Es importante notar que la muestra CC 1417 es la única muestra del estudio, en la que no se presenta una asociación mineral de alteración.



Fotografía 21: Granito (CC 1417) intruido por un dique andesítico de aprox. 3 m de espesor.

Una característica importante que presentan en común las 3 áreas donde se muestrearon cuerpos intrusivos tabulares sub-horizontales, corresponde a que todas las relaciones de corte que se observan en terreno corresponden a bordes planos y nítidos. Esto significa, que la roca caja (de turno), se encontraba en estado sólido y bajo un régimen más bien frágil al momento de la intrusión. Se puede apreciar esto en la Imagen 22, la cual muestra las relaciones de corte observadas en las distintas áreas propuestas. Las imágenes presentan un número romano, el cual indica a que zona corresponde la fotografía, siendo “I” la zona del Cerro Castillo (Fotografía 18), “II” la zona intermedia (Fotografía 20) y “III” la zona al extremo NE de la zona de estudio (Fotografía 21).

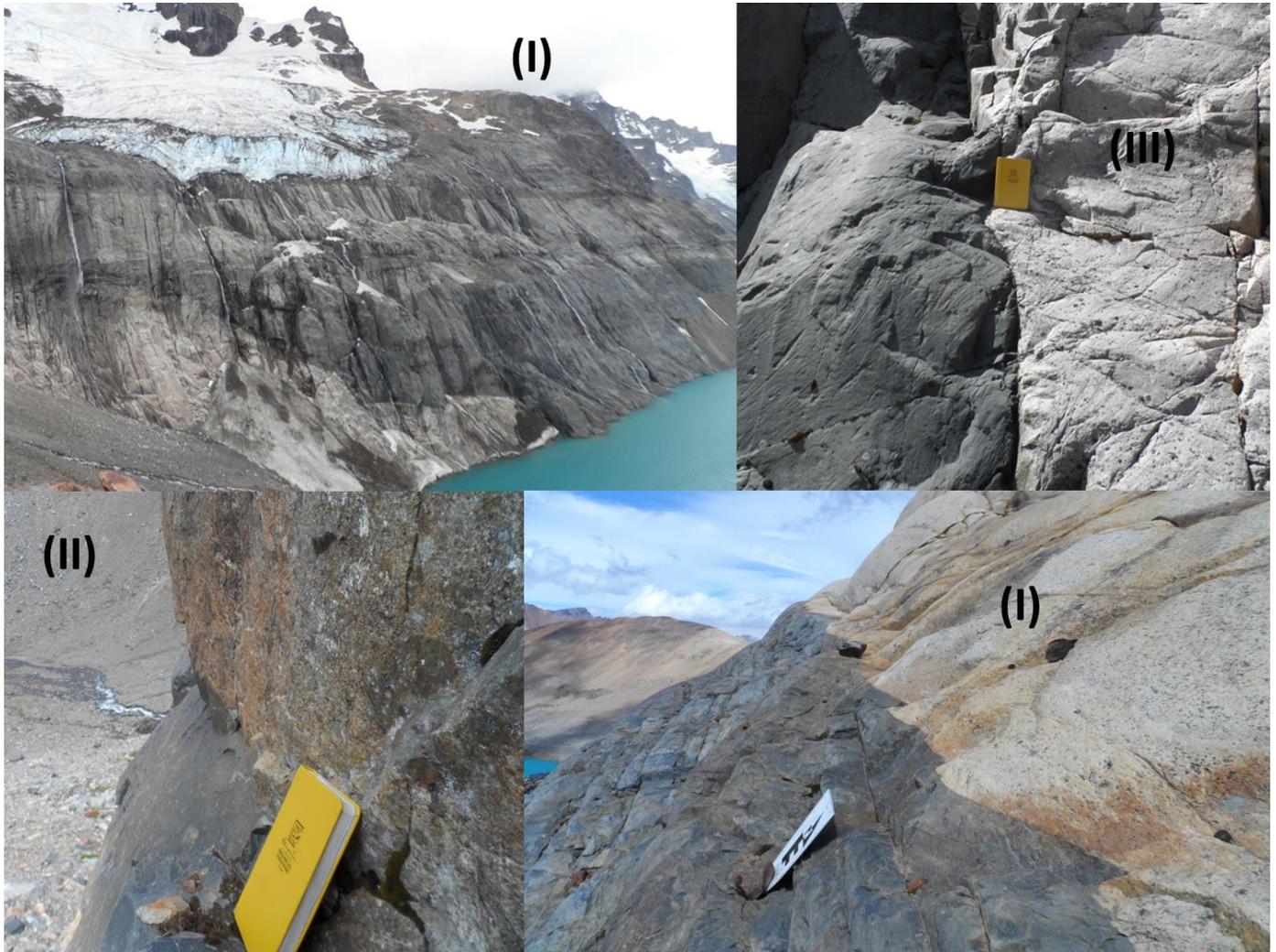


Imagen 23: Fotografías de las distintas áreas de afloramiento de cuerpos ígneos orientados, notar que todos los contactos son planos y nítidos.

3.1.3 Rocas corneas u obliteradas

Estas muestras corresponden a aquellas rocas que presentan evidencias de alteración/metamorfismo, la cual actúa de manera tan pervasiva que no permite reconocer texturas primarias, incluso a veces no es posible reconocer el protolito. Estas rocas afloran (generalmente) cercanas a cuerpos intrusivos, y sus protolitos corresponden a las unidades estratificadas descritas, además de algunos cuerpos intrusivos, lo que sugiere múltiples eventos de alteración/metamorfismo.

| Nombre Muestra | Mineralogía | Asociación de Alteración |
|----------------|---|--------------------------|
| CC 1441 | Amígdala rellena por epidota (hasta 2mm), actinolita, cuarzo y titanita. | Epidota/Actinolita |
| CC 1440 | Roca cornea de epidota-clorita. Primaria: plagioclasa; Secundaria: cuarzo, matriz argilizada, pseudomorfos de Clorita/Epidota, Vetillas de Ox. De Fe/Clorita/Epidota y traza de Mica Blanca. | Epidota/Clorita |
| CC 1437 | Roca Cornea de Biotita y actinolita; Primaria: relictos de plagioclasa (albitizadas), Secundaria: Biotita(verde), calcita(cementando fragmentos líticos), Epidota, Clorita, Actinolita, Albita, Titanita. | Biotita/Actinolita |
| CC 1436 | Roca con textura obliterada, con pseudomorfos de cristales más bien elongados los cuales se encuentran totalmente reemplazados. Secundaria: Cuarzo, agregados de intercrecimiento de Epidota/Clorita/ Calcita(pseudomorfos); Texturas: Consertal (Qz secundario) | Epidota/Clorita |
| CC 1427 | Roca cornea de anfíbol. Primaria: Relictos de plagioclasa (albitizada). Secundaria: Actinolita, trazas de epidota, pirita oxidada reemplazada por goethita, trazas de carbonato en cúmulos de opacos. | Actinolita/Epidota |
| CC 1428 | Roca intrusiva obliterada. Se observan fenocristales de plagioclasa (hasta 5 mm); Secundaria: la masa se encuentra totalmente reemplazada por Epidota y subordinadamente actinolita. Además se observan parches de calcita. | Epidota/Actinolita |
| CC 1402 | Roca con textura obliterada, presenta fuerte alteración fílica la cual genera reemplazo casi total de la roca por cuarzo y sericita. | Cuarzo/Sericita |

Tabla 2: Descripción y asociación de alteración de rocas corneas u obliteradas.

A continuación se presenta la imagen 24, en donde es posible observar una microfotografía de la amígdala correspondiente a la muestra CC1441. Esta se encuentra rellena de epidota (hasta 2 mm) además de cuarzo (1mm), y hacia el borde se observa actinolita y titanita (hasta 1,5 mm) y finalmente un intercrecimiento de cuarzo y epidota.

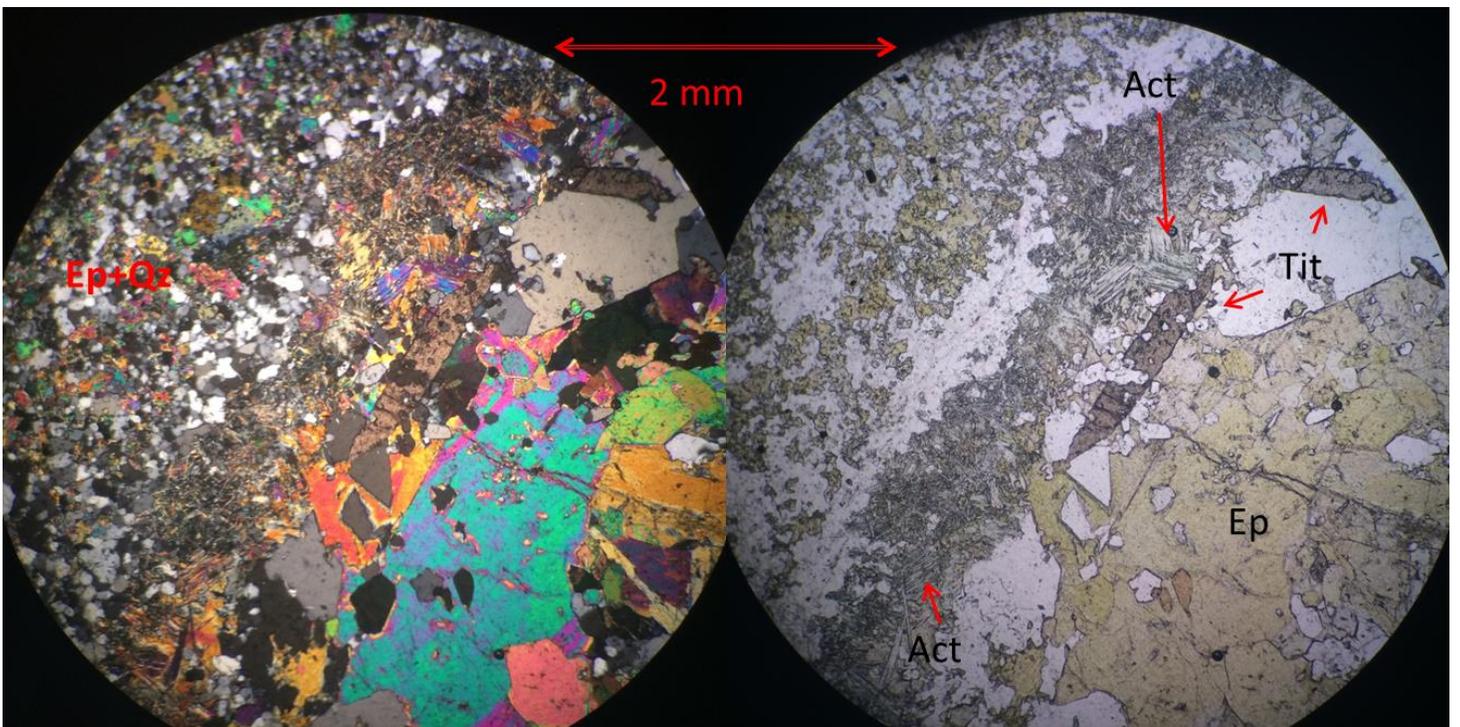


Imagen 24: Fotomicrografías de muestra CC1403 con objetivo 5x, nicols paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

3.2 Mineralización secundaria

En la zona de estudio, se han descrito diversas muestras que presentan mineralización secundaria. Esta alteración no está restringida a una unidad en particular, más bien ha sido descrita en prácticamente todas las muestras obtenidas en terreno.

Las asociaciones secundarias más comunes corresponden a Biotita/Actinolita (I), Epidota/Actinolita (II), Epidota/Clorita (III) y Cuarzo/Sericita (IV). Estas se presentan a continuación en una serie de fotomicrografías, en cada cual aparece un número romano el cual representa las asociaciones aquí expuestas.

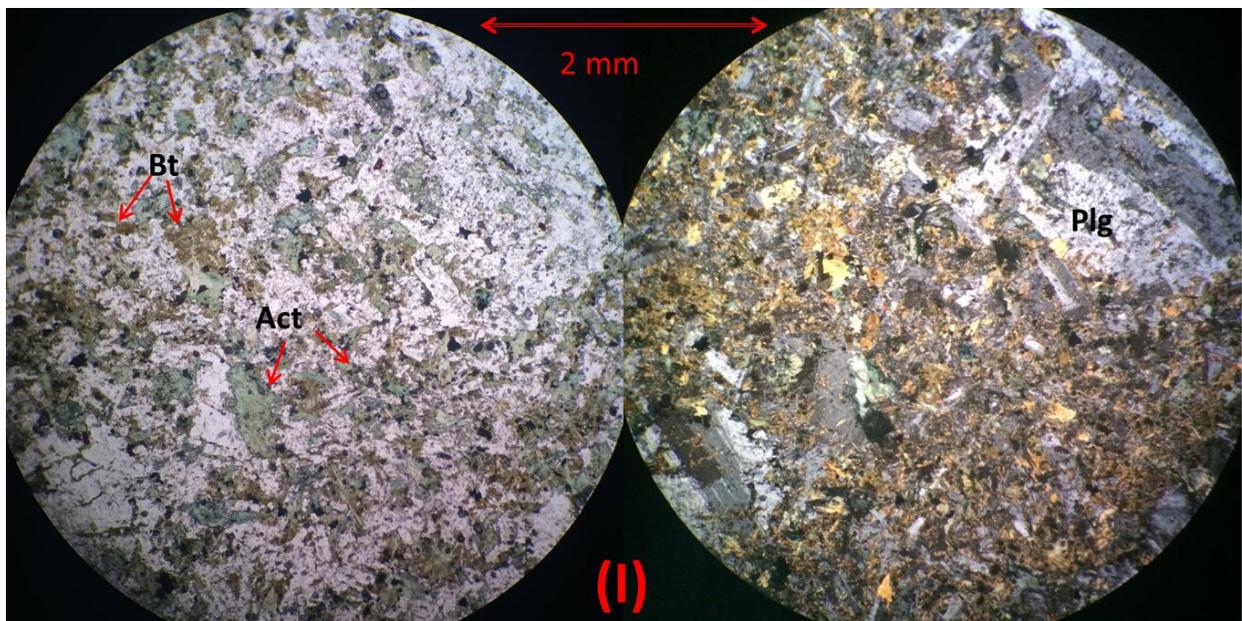


Imagen 25: Fotomicrografías de muestra CC1438 (Meta-Diorita) con objetivo 5x, nicols paralelos (izquierda) y cruzados (derecha).

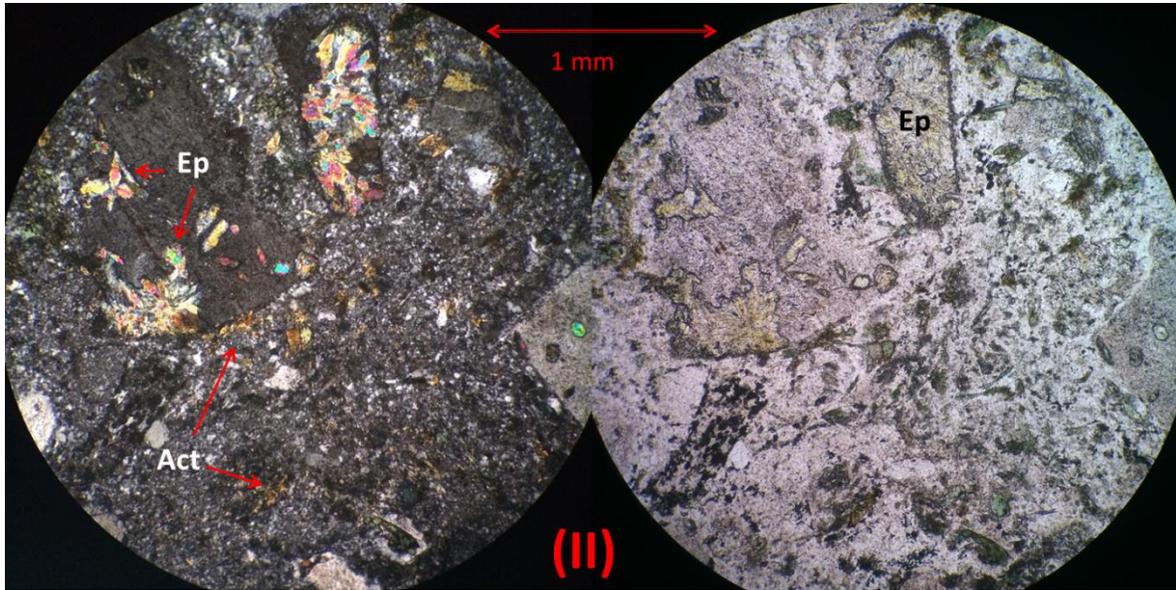


Imagen 26: Fotomicrografías de muestra CC1420 (Diorita) con objetivo 10x, nicoles paralelos (derecha) y cruzados (izquierda).

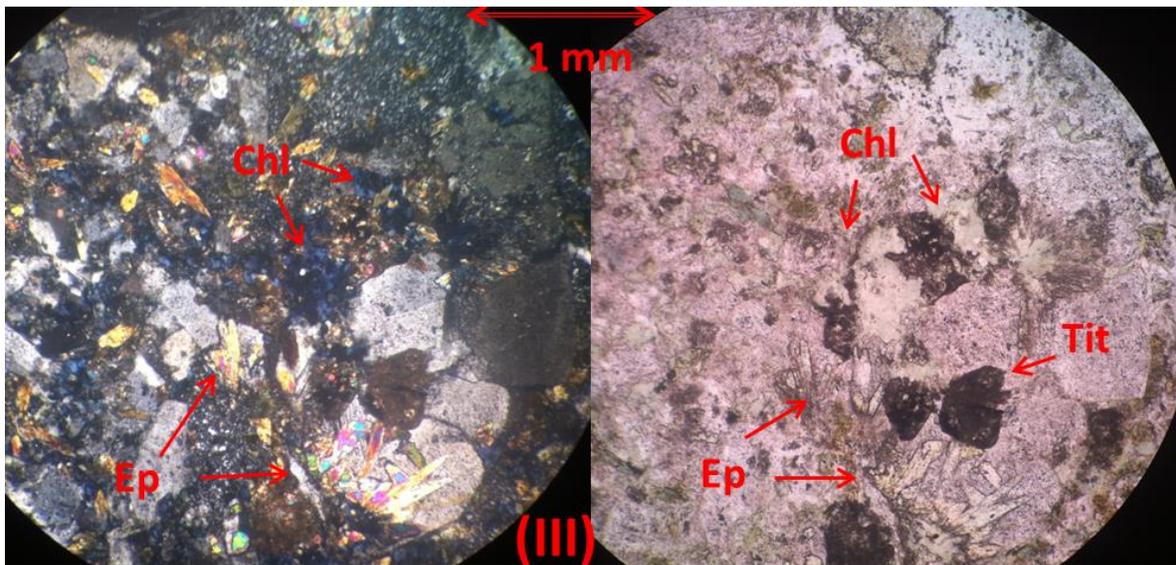


Imagen 27: Fotomicrografías de muestra CC1440 (Roca córnea de epidota/clorita) con objetivo 10x, nicoles paralelos (izquierda) y cruzados (derecha).

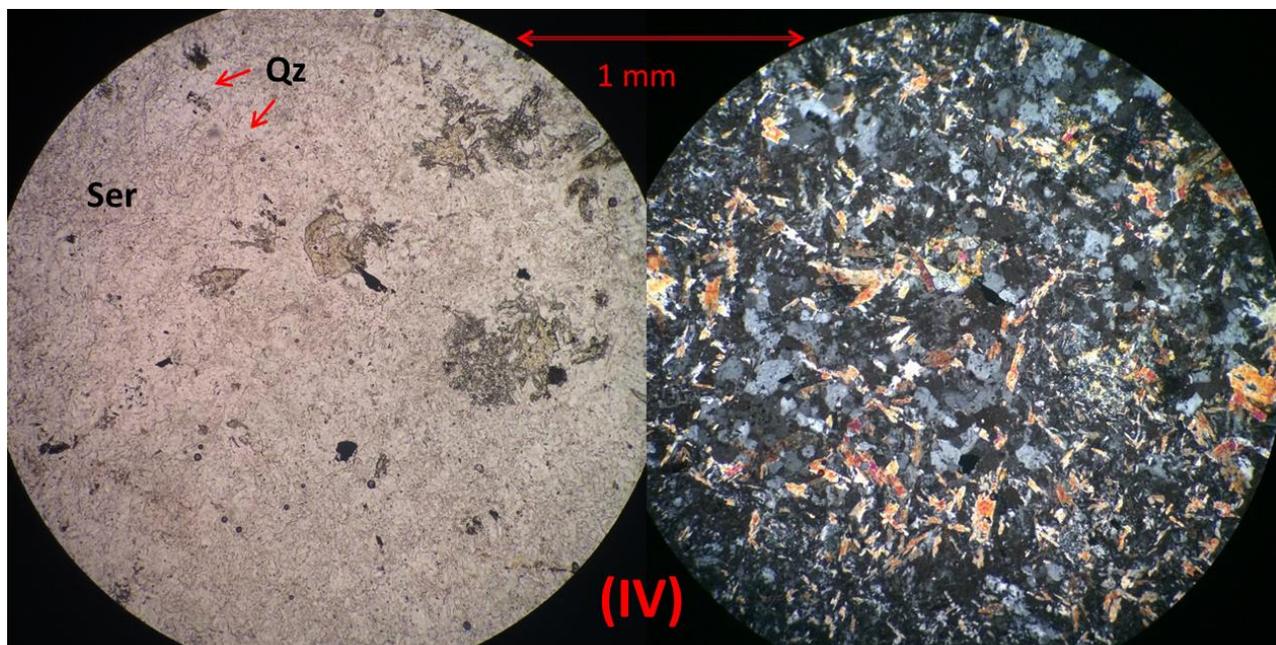


Imagen 28: Fotomicrografías de muestra CC1419 (Dique) con objetivo 10x, nicols paralelos (izquierda) y cruzados (derecha).

Basado en las asociaciones diagnosticas para las distintas facies metamórficas, se propone que gran parte de las muestras corresponden a facies de rocas corneas de albita-epidota. Estas asociaciones han sido descritas tanto en rocas estratificadas como en rocas intrusivas. Esto permite suponer que la zona de estudio ha sido expuesta a varios eventos de alteración/metamorfismo, responsables de la impronta mineralógica descrita. Sin embargo, no ha sido posible dilucidar la cantidad de eventos o los tiempos en que ocurrieron.

3.3 Mapa Geológico zona de estudio (Escala 1:10.000)

En base a los resultados obtenidos en terreno, tanto para unidades estratificadas como intrusivas, en conjunto con el mapeo geológico actual de la zona (Mapa escala 1:100.000 Carta N°124, Quiroz y Bruce, 2010), se ha generado un mapa escala 1:10.000 de la zona de estudio.

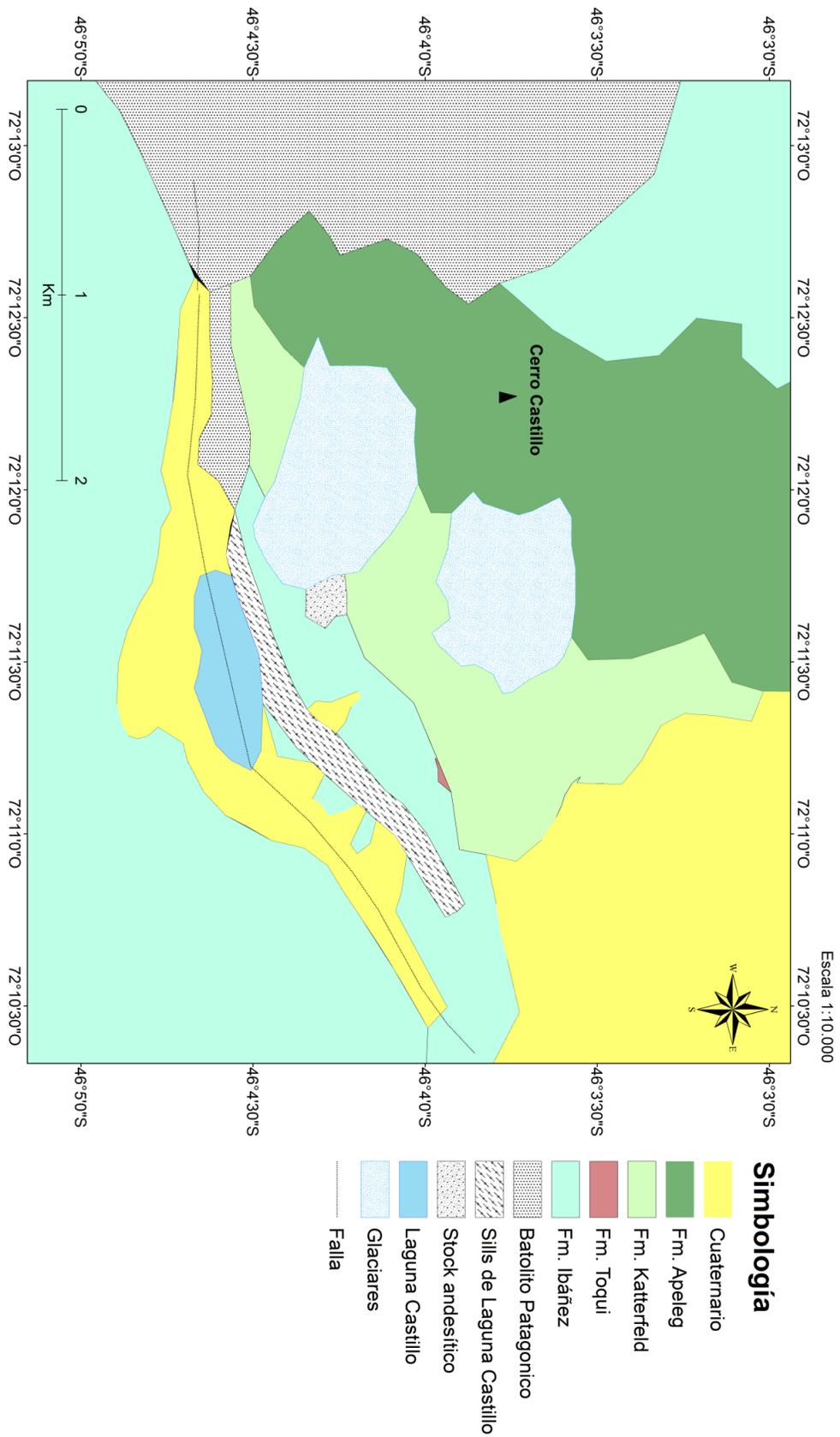


Imagen 29: Geológico esquemático del área de Cerro Castillo, escala 1:10.000.

3.4 Resultados Geopatrimonio

Algunos de los más diversos Contextos Geológicos Chilenos, tanto en temporalidad como en la naturaleza de sus procesos, se hacen presentes en la zona de estudio. Desde los registros del Arco Volcánico Mesozoico (Mourgues *et al.*, 2012) hasta el Volcanismo Cuaternario (Mourgues *et al.*, 2012), pasando por las Cuencas y depósitos marinos del Cretácico inferior (Mourgues *et al.*, 2012). Es por esta razón que esta zona presenta un valor científico importante, puesto que ha sido expuesta a los más diversos procesos geológicos, superponiéndose uno sobre otros, a veces de manera destructiva otrora constructiva. Además se encuentra inmersa en una zona protegida por CONAF (Reserva Nacional Cerro Castillo), lo que indica un valor natural asignado a su patrimonio vegetal como animal. A esto debemos agregar el patrimonio cultural otorgado a la región por las diversas fuentes de origen de sus pobladores, los cuales crean una particular cultura propia de la región.

Estos son los Contextos Geológicos Chilenos (Mourges *et al.*, 2012), cuya evidencia puede apreciarse en la zona de estudio, y los sectores aledaños:

- i. Batolitos y Complejos Plutónicos del Mesozoico**

- ii. Arco volcánico del Mesozoico**

- iii. Cuencas y depósitos marinos del Cretácico Inferior de Chile**

- iv. Volcanismo Cuaternario**

- v. Geformas y depósitos glaciales del centro y sur de Chile**

- vi. Ambientes fluvioaluviales del Neógeno- Cuaternario**

vii. 3.14 Mega estructuras y Neotectónica de Chile

En el área de estudio se han propuesto 3 potenciales lugares de interés geológico, además en los sectores aledaños se han propuesto otros 12 potenciales lugares más. A continuación se presenta una imagen con la ubicación de los lugares principales propuestos.



Imagen 30: En la Figura se observa la zona de estudio en el rectángulo azul. Además de 3 GeoSitios, 1 de ellos en la misma zona de estudios. (Modificada de IGM.cl).

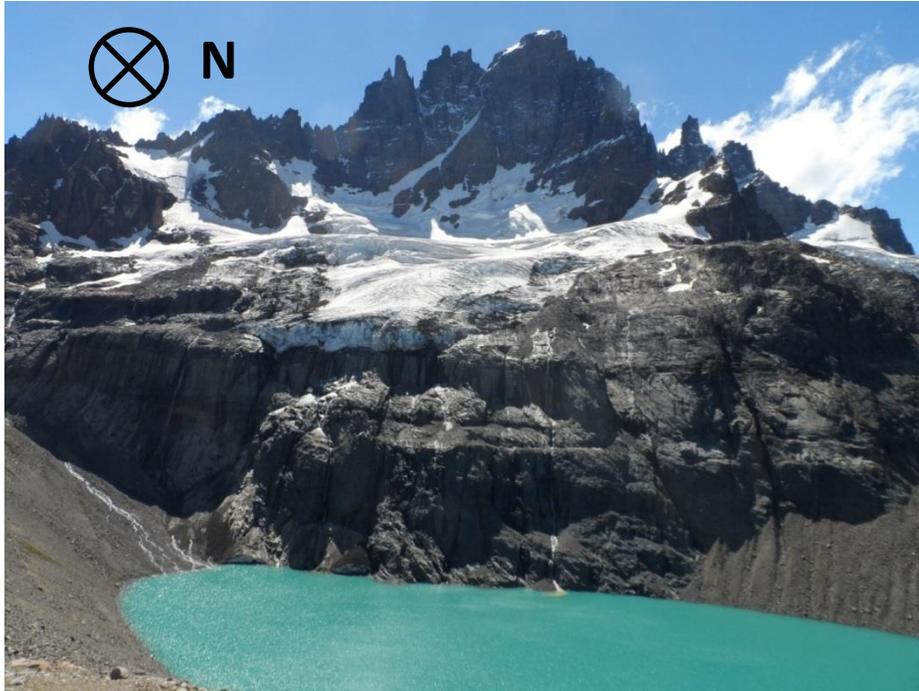
Estos sitios han sido evaluados según las metodologías propuestas por Partarrieu(2013), usadas para la confección del inventario de GeoSitios del GeoParque Kutralcura. A continuación se presentan los potenciales lugares. Las fichas de los lugares aquí expuestos, además de los que se encuentran en las zonas aledañas, se han adjuntado en los Anexos.

I. Laguna Castillo



Fotografía 22: Vista general de la laguna, notar el glaciar colgante en el Cerro Castillo. Las flechas rojas indican los depósitos de morrenas laterales.

Nace de los glaciares que cubren el Cerro Castillo y se ubica justamente a sus pies. Este lugar permite apreciar afloramientos del Grupo Coyhaique, en particular las secuencias interpretadas como la Formación Apeleg en la cima, la cual sobreyace la secuencia de lutitas negras asignadas a la Formación Katterfeld. Estas formaciones, guardan registro de la cuenca Austral, y se asocian al contexto de Cuencas y depósitos del Cretácico Inferior de Chile. Estas secuencias estratificadas se encuentran intruidas por rocas asignadas al Batolito Patagónico, y por ende se reconoce el contexto Batolitos y Complejos Plutónicos del Mesozoico. Es importante destacar que estos cuerpos intrusivos generan estructuras de roof pendant.



Fotografía 23: Vista superior de la Laguna Castillo, a los pies del Cerro homónimo.

I. Mirador Cuesta del Diablo

Corresponde a un mirador que se encuentra en la Ruta 7, en el momento que esta ingresa a la cuenca del Río Ibáñez, en dirección hacia el sur. Permite apreciar una visión general del valle del río Ibáñez, el cual se encuentra flanqueado hacia el N por el Cerro Castillo (Fotografía 24). El lugar cuenta con la infraestructura mínima, ya que presenta un área delimitada para estacionamiento y una barrera que sirve de panorámico. Además presenta un panel explicativo que hace alusión a los primeros pobladores de la región (Fotografía 25).



Fotografía 24: Visión panorámica desde el mirador. La flecha indica el Cerro Castillo.



Fotografía 25: Panel explicativo que se encuentra en el mirador.

Este lugar se encuentra en la misma Ruta 7, por lo que representa un punto de interés para aquellos visitantes que van de paso. Si bien, no permite apreciar de manera tan clara los contextos Geológicos Chilenos como los otros 2 puntos. Permite acercar al visitante a los contextos presentes en la zona e invita a conocer de manera más detallada la interacción de estos.

II. Roca Aborregada Cerro Castillo

Este lugar, no se encuentra en la zona de estudio, sin embargo presente una visión privilegiada de esta. El acceso es bastante sencillo, ya que el lugar corresponde a una roca aborregada al costado de la Ruta 7,

unos kilómetros al S desde la Villa Cerro Castillo (Comunicación verbal David Quiroz). Este lugar ofrece una visión lateral del Cerro Castillo, además de una serie de rasgos morfológicos de la zona, tales como las terrazas fluviales asociadas al río Ibáñez y el cono aluvial que descende de la quebrada al W de la zona de estudio. Así también, permite apreciar de manera directa los efectos de los procesos glaciogénicos en la región.

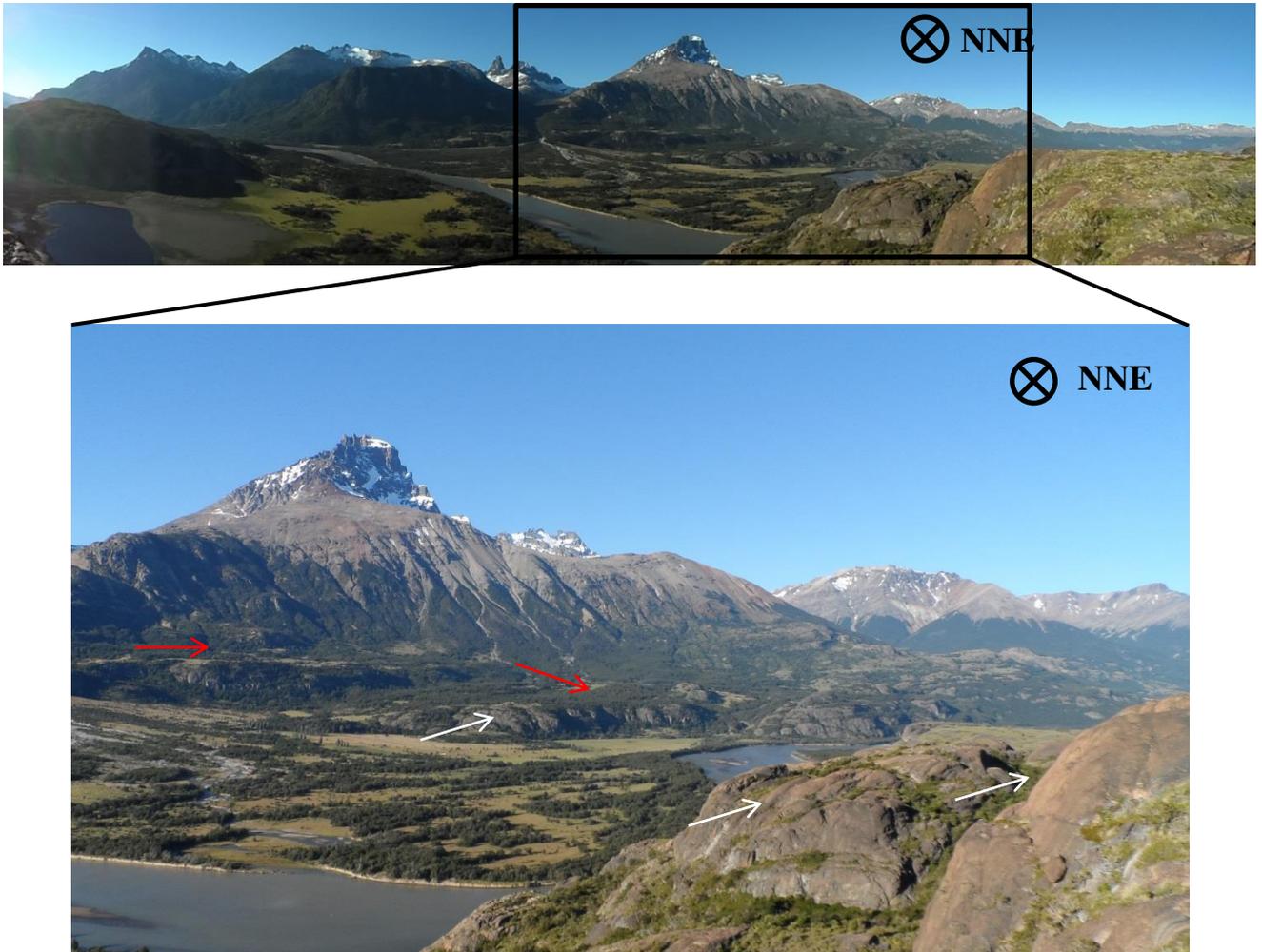


Imagen 31: Arriba se observa el marco panorámico que ofrece el lugar, abajo se presenta un zoom en el que puede observarse las terrazas fluviales (flechas rojas), y el carácter aborregado de las rocas (flechas blancas), tanto en el lugar mismo como en el resto del valle.

En una campaña de terreno anterior, en el contexto de la Práctica Profesional I, se realizó un catastro de los posibles lugares de interés geológico en la cuenca del río Ibáñez (dentro de la cual se encuentra la zona de estudio), desde su nacimiento en las faldas del volcán Hudson, hasta su desembocadura en el Lago General Carrera. A continuación, se presenta una tabla con los nombres, dimensiones y coordenadas de cada uno de estos lugares, en adición a los propuestos en este estudio.

| Nombre | Dimensión | N | E | m.s.n.m. |
|---------------------------|------------------|----------|----------|-----------------|
| El Alambre | Área | 667416 | 4905653 | 631 |
| Estación Hudson | Panorámico | 663802 | 4908295 | 1065 |
| Levicán Alto | Panorámico | 727470 | 4870930 | 1414 |
| Mirador Cuesta del Diablo | Panorámico | 728278 | 4890119 | 848 |
| Muelle Puerto Ibáñez | Panorámico | 274009 | 4868883 | 204 |
| R. A. Cerro Castillo | Panorámico | 714486 | 4887043 | 524 |
| Mirador Laguna Morales | Panorámico | 269239 | 4877602 | 493 |
| Salto Río Ibáñez | Área | 269182 | 4872933 | 236 |
| Mirador Puerto Ibáñez | Panorámico | 274056 | 4870680 | 419 |
| La Guanaca | Sitio/Panorámico | 730429 | 4871290 | 493 |
| Final Camino Levicán | Área | 280499 | 4859184 | 211 |
| Camino a Levicán | Panorámico | 272296 | 4866099 | 437 |
| Alto Lago Verde | Panorámico | 708984 | 4883432 | 598 |
| Alto Lago Central | Panorámico | 722019 | 4880362 | 674 |
| Laguna Castillo | Área | 717351 | 4893253 | 1415 |
| La Tetera | Área | 717726 | 4894048 | 1264 |
| La Tetera Alta | Panorámico | 717583 | 4894261 | 1504 |

Tabla 3: Ubicación, dimensión y coordenadas de posibles lugares de interés geológico en la cuenca del río Ibáñez.

4. Discusiones

Se ha propuesto que la zona de estudio corresponde al límite occidental de afloramientos del Grupo Coyhaique en la zona. Esto se apoya al analizar la Carta N° 125 (Quiroz y Belmar, 2010), la cual se ubica inmediatamente al W de la zona de estudio y no han sido descritas unidades mesozoicas estratificadas en ella. Sin embargo, existe la posibilidad de que los afloramientos del Grupo Coyhaique hacia el W hayan sido erosionados. Mientras que al SE del Cerro Castillo se han descrito afloramientos de la Formación Katterfeld de aproximadamente 500 m de espesor. Además las potencias descritas en la zona de estudio de las unidades estratificadas cretácicas corresponden 322 m y 640 m, para las formaciones Katterfeld y Apeleg, respectivamente. Estos espesores, son menores a los propuestos espesores máximos para estas unidades (1200 m para Apeleg (Bell *et al.*, 1994) y 600 m para Katterfeld (Bell y Suarez, 1997)). Sin embargo, no puede dejarse de lado el hecho de la alta cantidad de intrusiones en estas secuencias, las cuales muchas veces se emplazan de manera concordante a la estratificación, pudiendo aumentar la potencia de la secuencia de manera considerable. Esto puede ocurrir desde escala centimétrica hasta los grandes filones mantos descritos cuyas potencias pueden alcanzar hasta los 100 metros. Un ejemplo de esto corresponde a los cuerpos intrusivos (Sills de Laguna Castillo) de la Fotografía 19, los cuales se ubican por encima de la Formación Ibáñez y por debajo de la Formación Toqui, lo que permite suponer que estos se emplazaron de manera concordante al contacto estratigráfico entre ambas unidades.

Las unidades estratificadas de la zona de estudio se encuentran intruidas y consecuentemente alteradas. Las asociaciones minerales descritas en las muestras permiten proponer que la zona de estudio presenta una aureola asociada a metamorfismo de contacto, el cual ha generado facies de rocas corneas de albita/epidota. Estas asociaciones, pueden observarse no solo en las rocas estratificadas, sino también en gran parte cuerpos ígneos presentes en el área, tanto los que presentan texturas faneríticas como porfídicas y afaníticas. Esto permite suponer que una serie de eventos de alteración/metamorfismo, lo cual es respaldado por el hecho de que las relaciones de corte observadas en terreno de las distintas unidades intrusivas corresponden a bordes rectos (Imagen 22), lo que indica que las rocas encajantes (de cada tiempo) se encontraban en estado sólido y bajo un régimen frágil, al momento de la intrusión. Las asociaciones minerales observadas permiten estimar que la temperatura de emplazamiento de los cuerpos intrusivos correspondería al rango 300°-500° C.

Cabe destacar, que estas asociaciones minerales también pueden ser interpretadas como facies de esquistos verdes.

Además, se debe enfatizar que en las altas cotas del Cerro Castillo, lugar donde afloran unidades estratificadas del Grupo Coyhaique, se han descrito manteos sub horizontales. Hacia el sur, se ha propuesto (Quiroz y Bruce, 2010) una falla de carácter inverso que atraviesa la zona de estudio en una traza NE (Imágenes y fotografías en Anexos V). Esta estructura, pone en contacto rocas de la Formación Ibáñez (Jr) con rocas de la Formación Divisadero, lo que deja abierta la discusión a las dos posibilidades que permiten esta configuración actual. Es decir, una estructura de carácter inverso que alce las capas de la Formación Ibáñez al mismo nivel que las de la Formación Divisadero (Opción 1) ó una estructura de carácter normal que deje caer las capas de Formación Divisadero al nivel de la Formación Ibáñez (Opción 2). Si suponemos una estructura inversa (Opción 1), se debiesen observar plegamiento de estratos o al menos algún tipo de acomodación de la deformación existente. Sin embargo, la estratificación observada es sub horizontal, lo que permite suponer un pequeño basculamiento. Procesos de esta índole han sido reportados en la región, para bloques de entre 20 y 30 km (Scalabrino *et al.*, 2010).

Si bien esta estructura de traza NE que atraviesa la zona de estudio, ha sido descrita como una falla inversa (Quiroz y Bruce, 2010), también ha sido propuesta esta estructura por Scalabrino *et al.*, 2010. Sin embargo estos últimos autores, no proponen un carácter de movimiento de esta falla, simplemente se traza pero su movimiento se presenta como desconocido (Imágenes en Anexos V). Basado en las observaciones de terreno, se postula como indeterminado el comportamiento de esta estructura. Sin embargo, se debe considerar que existen cuerpos intrusivos alineados en esta traza, los cuales siendo conocida su edad de emplazamiento, pueden aportar de manera significativa a estimar (o al menos acotar) la edad de movimiento de esta estructura. Es por esto que se ha enviado a realizar una datación a la muestra CC 1417, la cual corresponde a un granito y se ubica en el extremo NE de la zona de estudio. Este análisis, en conjunto con otras dataciones que pudiesen realizarse en los cuerpos intrusivos alineados en la traza de esta falla, permitirá dilucidar en que momento hubiese presentado actividad esta estructura.

En la región de Magallanes, aproximadamente a las 51° de latitud sur, se ha descrito el Complejo Intrusivo Torres del Paine (CITP; Baumgartner *et al.*, 2007). Este, presenta ciertas características comunes con la zona de estudio. En primer lugar, en el CITP han sido descritos los cuerpos mayores como granitos, a los cuales se asocian cuerpos intrusivos menores y diques de composiciones de más primitivas como gabros, dioritas y monzodioritas. Esta coexistencia de magmas graníticos y máficos, además de la presencia de intrusivos calcoalcalinos indican una génesis relacionada a subducción (Baumgartner *et al.*, 2007). Mientras que en la zona de estudio se han descrito cuerpos intrusivos graníticos (Batolito Patagónico) además de cuerpos menores de composiciones más primitivas como dioritas, además de diques, stocks y sills andesíticos.

El CITP se encuentra intruyendo secuencias sedimentarias marinas. Se han descrito en esta zona las formaciones Punta Barrosa y Cerro Toro, las cuales se encuentran dominadas por areniscas y lutitas, respectivamente (Baumgartner *et al.*, 2007). La intrusión de CITP ha generado una pequeña, pero distintiva aureola de contacto de 200-400 metros de ancho. La extensión y forma de la aureola queda definida por la geometría de la intrusión o intrusiones. En esta aurólea se han descrito rocas corneas, cuyo cambio a escala de mano se restringe a cambios de color debido a recristalización de minerales por aumento de T°. En tanto, en la zona de estudio se han descrito secuencias sedimentarias marinas cretácicas, las cuales se encuentran intruidas por diversos cuerpos ígneos, generando una aurólea de contacto de espesor desconocido aun.

Otro factor que se observa en común en ambas zonas corresponde a la morfología de emplazamiento, esta corresponde a cuerpos tabulares sub-horizontales, emplazados mayormente de manera concordante a los planos de estratificación. Además es importante notar que los bordes de los contactos por intrusión corresponden a bordes planos y nítidos, lo que sugiere varios pulsos de intrusión. Esto puede observarse en la siguiente imagen donde se presentan fotografías del CITP y de la zona de estudio, respectivamente (Imagen 32).

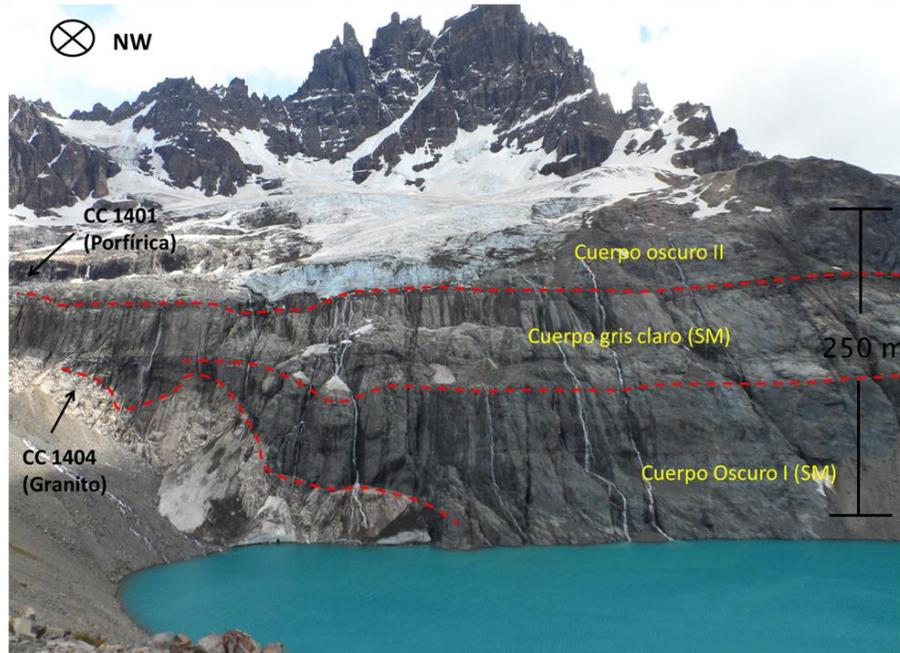
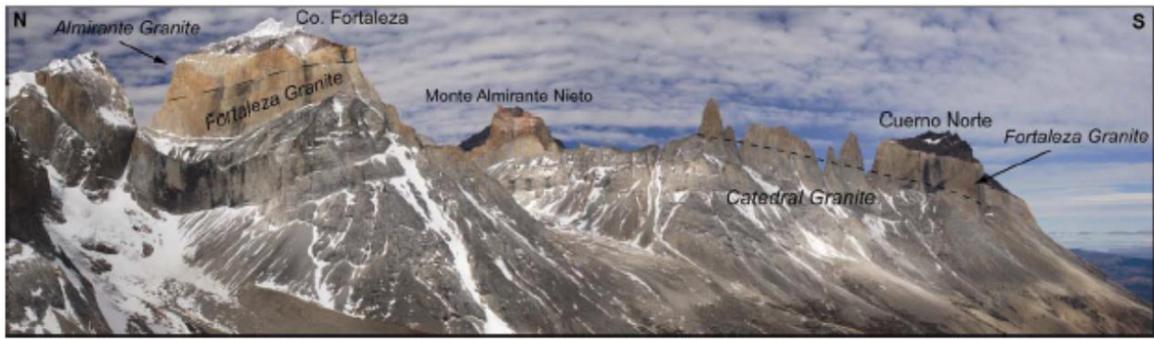


Imagen 32: Relaciones de contacto de cuerpos intrusivos, notar cuerpos tabulares sub-horizontales además de contactos planos y nítidos; Arriba: CITP, extraída de (Baumgartner *et al.*, 2007); Abajo: Zona de estudio.

Si bien existen diversas similitudes entre el CITP y la zona de estudio, en la zona de Magallanes se han descrito de manera más detallada tanto las litologías como las caracterizaciones geoquímicas de los distintos intrusivos que afloran en la zona del CITP. Esta información permite conocer de buena manera las edades y características de los eventos de alteración asociados al CITP. De esta manera es que se propone que en la zona de estudio se denomine el Complejo Intrusivo Cerro Castillo, el cual presenta diversas similitudes con el CITP, y por ende presenta un potencial científico importante para comprender los métodos y edades de emplazamiento de diversos cuerpos ígneos en la región.

5. Conclusiones

Se ha determinado que la zona de estudio corresponde al límite occidental de afloramientos de unidades asociadas a la cuenca de Aysén. Se ha descrito la secuencia estratigráfica completa del Grupo Coyhaique. De base a techo, Formación Toqui, Formación Katterfeld y finalmente la Formación Apeleg. Esta secuencia, además de la Formación Ibáñez (subyacente), presenta una potencia aproximada de 1000 m en la zona de estudio. Sin embargo se encuentra altamente intruida, por cuerpos ígneos asociados al Batolito Patagónico. Se han descrito estas intrusiones, en general, de manera concordante a la estratificación, pudiendo sobrestimar el espesor. Además, en los sectores aledaños a la zona de estudio es posible observar la secuencia estratigráfica completa del Cretácico Inferior. Es decir, Formación Ibáñez, Grupo Coyhaique y Formación Divisadero, de base a techo.

La zona de estudio ha sido afectada por distintos eventos de metamorfismo, asociados a la intrusión de cuerpos ígneos. Esta intrusión se genera, mayormente, de manera concordante a la estratificación. Se han descrito, bordes planos y nítidos en las intrusiones de cuerpos ígneos, sugiriendo varios eventos de intrusión en rocas huésped, en estado sólido y bajo un régimen frágil. Las asociaciones minerales observadas, permiten estimar facies de rocas corneas de albita/epidota. Sin embargo, no es posible proponer edades para los distintos eventos que han tenido lugar en la zona de estudio. Para esto, se recomiendan análisis químicos, junto con diagramas P-T de asociaciones minerales.

El registro estratigráfico del Cretácico temprano se encuentra bien preservado en la zona de estudio, desde la apertura de la cuenca de Aysén y la consecuente transgresión marina que generaría la deposición de la Formación Toqui de manera concordante e interdigitada con la Formación Ibáñez, la cual representa el volcanismo Jurásico tardío-Cretácico temprano de la región. Seguida por la profundización de esta, asociada a enfriamiento termal post-rift (Suárez *et al.*, 2009b), depositando las lutitas de la Formación Katterfeld. Luego, el registro de la somerización de la cuenca corresponde a la Formación Apeleg, la cual se encuentra aflorando en las cotas superiores del Cerro Castillo. Para los estratos más jóvenes de esta se han postulado edades de ca. 120 Ma (Suárez y De La Cruz 2008 en Suárez *et al.*, 2009b), edad que es correlacionable a la formación del Complejo Volcánico Baño Nuevo (CVBN; Suárez *et al.*, 2009b). El CVBN representa la etapa emergente de Islas Volcánicas desarrollado en la parte superior de la Formación Apeleg (Demant, Suárez y De La Cruz, 2007b; Suárez *et al.*, 2005; Suárez, De La Cruz y Bell, 2007 en Suárez *et al.*, 2009).

Se propone el nombre de Complejo Intrusivo Cerro Castillo (CICC) para la zona de estudio. Él CICC presenta similitudes con respecto al CITP (Complejo Intrusivo Torres del Paine), sin embargo existe un bajo nivel, de estudios de la zona, con respecto al CITP. De esta manera se recomienda realizar análisis detallados de los cuerpos intrusivos, incluyendo muestreo litológico grillado, dataciones radiométricas y caracterizaciones geoquímicas. De esta manera es posible lograr un mejor entendimiento sobre los distintos procesos que dieron paso al emplazamiento de estos cuerpos, además de los tiempos en que ocurrieron.

La zona de estudio presenta un potencial destacable en cuanto a su nivel de interés científico, conjugando procesos regionales de generación y cierre de cuencas, como procesos de escala local tal como la intrusión de pulsos magmáticos, emplazados en la traza de una falla, hasta la escala micrométrica donde es posible observar la impronta mineral que dichas intrusiones causan en la rocas hospedantes. Al encontrarse en una zona protegida por CONAF, se adjudica un interés natural, asociado a fauna, flora y su convivencia. A esto se debe agregar la inminente belleza escénica del paisaje, la cual agrega un valor de asombro a cualquier visitante, tanto al recién llegado como al recurrente. Además, se encuentra a orillas de la Ruta 7 o Carretera Austral, la cual genera el paso común de turistas. La conjugación de estos factores genera un alto potencial en la zona de estudio para un desarrollo de actividades, tanto científicas como turísticas. Esta retroalimentación, entre las ciencias y la comunidad local pueden ayudar a un desarrollo de carácter sustentable en la zona de estudio, en base al turismo, llevado a cabo por los actores locales

6. Bibliografía

Baumgartner ,L; Michel, B. Putlitz ,J; Leuthold, J; Müntener ,O; Robyr, M; Darbellay, B. 2007: The Torres del Paine Igneous Complex and its contact aureole. In International Geological Congress on the Southern Hemisphere, GeoSur 2007.

Bell, C.; Suárez, M. 1997 :The Lower Cretaceous Apeleg Formation of the Aisén basin,Southern Chile: Tidal sandbar deposits of an epicontinental sea. Revista Geológica de Chile, Vol. 24, No. 2, p. 203-225,

Bruce, Z. 2001: Mesozoic Geology of the Puerto Ingeniero Ibáñez región, 46° South, Chilean Patagonia. Ph.D. Thesis (Unpublished), University of Canterbury

Bell, C; Townsend ,M; Suárez, M; De la Cruz, R. 1994: The depositional environments of the lower Cretaceous Coyhaique Group, Aysén basin, Southern Chile (45°-46°S). Actas Volumen I, pag 402-403.

Busby, C.; Ingersoll, R. 1995: Tectonics of sedimentary basins. *Blackwell Scientific*, 579 p.

De La Cruz, R.; Suárez, M.; Covacevich, V.; Quiroz, D.1996: Estratigrafía de la zona de Palena y Futaleufú (43° 15´-43° 35´S), X Región,Chile. In Congreso Geológico Argentino, No. 13 y Congreso de Exploración de Hidrocarburos, No.3, Actas 1:417-424.Buenos Aires.

De La Cruz, R.; Suárez, M.; Belmar, M.; Quiroz, D.; Bell, M. 2003: Geología del área de Coyhaique-Balmaceda, Región Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geológica Básica80, 40 pp. Map scale 1:100.000.

Demant, A.; Suárez, M.; De La Cruz, R. 2007b : Lower Cretaceous surtseyan volcanoes in the eastern central Patagonian Cordillera (45° 15' - 45° 40' S): the Baño Nuevo volcanic complex. In *Geosur 2007: An international congress on the Geology and Geophysics of the Southern hemisphere* (eds F.Hervé & A.Demant), p.51.Santiago.

Demant, A.; Suárez, M.; De La Cruz, R. 2007: Geochronology and petrochemistry of Late Cretaceous-Paleogene volcanic sequences from the eastern central Patagonian Cordillera (45°–45° 40'S). *Revista Geológica de Chile* 34 (1), 3–21.

Gorring, L; Kay, S; Zeitler, P; Ramos, V; Rubiolo, D; Fernandez ,M; Panza ,J. 1997: Neogene Patagonian plateau lavas: Continental magmas associated with ridge collision at the Chile Triple Junction. In *Tectonics*, Vol.16,No.1,Pages 1-17,February, 1997.

Hervé, F. 1993: Paleozoic metamorphic complexes in the Andes of Aysén(West of Occidentalía). In *first Circum-Pacific and Circum-Atlantic Terrane Conference,Proceeding*:64-65.Mexico.

Mourgues, F; Schilling, M; Castro, C. 2012: Propuesta de definición de los Contextos Geológicos Chilenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional. Propuesta de definición de los Contextos Geológicos Chilenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional. In *XIII Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, Chile*. T10, p. 887-889.

Nowtony, H; Scott, P; Gibbons, M. 2009: Re-thinking Science: Mode 2 on Societal Context. *Research Policy* Volume 37, Issue 4,May 2008, Pages 740-760.

Partarrieu, D. 2013: Inventario de Geositios en la comuna de Lonquimay, para la creación del GeoParque Kutralcura, XI Región de la Araucanía. Memoria para optar al título de Geólogo, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Pankhurst,R.; Hervé,F. 1994: Granitoid age distribution and emplacement control in North Patagonian Batholith in Aysén, southern Chile. In Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas 2: 1409-1413.Concepción.

Pankhurst, R. J.; Weaver, S. D.; Herve, F.; Larrondo, P.. 1999: Mesozoic-Cenozoic evolution of the North Patagonian Batholith in Aysen, southern Chile. Journal of the Geological Society, 156 (4). 673-694.

Quiroz, D. 2000: Geología y Geoquímica de la Formación Ibáñez y el batolito Patagónico al norte del lago General Carrera (entre los 46° 00'-46° 30S y los 72° 00' - 72° 20'W),XI Región, Chile. Memoria de Titulo (Inédito), Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra.

Quiroz, D.; Bruce, Z. 2010: Geología del área Puerto Ingeniero Ibáñez-Villa Cerro Castillo ,Region Aysén 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.; Belmar,M . 2010: Geología del área Bahía Murta-Cerro Sin Nombre, Región Aysén 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.

Ramos, V.1976: Estratigrafía de los Lagos La Plata y Fontana, Provincia del Chubut, República Argentina. In Congreso Geológico Chileno, No. 1, Actas 1: A43-A64.Santiago.

Rolando, A. P., Hartmann, L. A., Santos, J. O. S.,Fernandez, R. R., Etcheverry, R. O., Schalamuk, I. A. & McNaughton, N. J. 2002 : SHRIMP zircon U–Pb evidence for extended Mesozoic magmatism in the Patagonian batholith and assimilation of Archaean crustal components. In Journal of South American Earth Sciences 15, 267–83.

Scalabrino, B.; Lagabriele, Y.; Malavieille, J.; Dominguez, S.; Melnick, D.; Espinoza, F.; Suárez, M.; Rossello, E. 2010: A morphotectonic analysis of central Patagonian Cordillera: Negative inversion of the Andean belt over a buried spreading center?. In *Tectonics*, Volume 29, Issue 2.

Suárez, M.; De La Cruz, R. 1994: Estratigrafía y paleogeografía Mesozoica de Aysén Nororiental (45° - 46° S), Chile. In *Congreso Geológico Chileno*, No. 7, Actas 1: 533-537. Concepción

Suárez, M.; De La Cruz, R. 1996: Estratigrafía y tectónica de la zona sureste del Lago General Carrera (46°30'-47° lat. S), Cordillera Patagónica, Chile. In *Congreso Geológico Argentino No. 13 y Congreso de Exploración de Hidrocarburos, No. 3, Actas*, Vol. 1, p. 425-432.

Suárez, M. and De La Cruz, R. 2000: Tectonic in the Eastern central Patagonian Cordillera (45 30'-47 30' S). *Journal of the Geological Society, London*, Vol. 157, 2000, pp. 995-1001.

Suárez, M.; De La Cruz, R.; Aguirre-Urreta, B.; Fanning, M. 2005: Diachronic Tithonian-Valanginian marine transgression of the Coihaique Group, Aysén Basin (43_–47_ S), Chile. In *Congreso Geológico Argentino No. 16. Actas 1*, 303–304.

Suárez, M.; De La Cruz, R.; Bell, C.M. 2007. Geología del Área Ñireguao-Baño Nuevo. Región Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, escala 1:100.000. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, N°108. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile.

Suárez, M.; De La Cruz, R.; Aguirre-Urreta, B.; Fanning, M. 2009: Relationship between volcanism and marine sedimentation in Northern Austral (Aisén) Basin, central Patagonia: Stratigraphic, U-Pb SHRIMP and paleontological evidence. In *Journal of South American Sciences*, Volume 27, Issue 4.

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, pp 193-205.

Suárez, M.; Demant, A.; De La Cruz, R.; Fanning, M. 2010 : $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and U-Pb Shrimp dating of Aptian tuff cones in the Aisén Basin, Central Patagonian Cordillera. In Journal of South American Sciences, Volume 29, Issue 3.

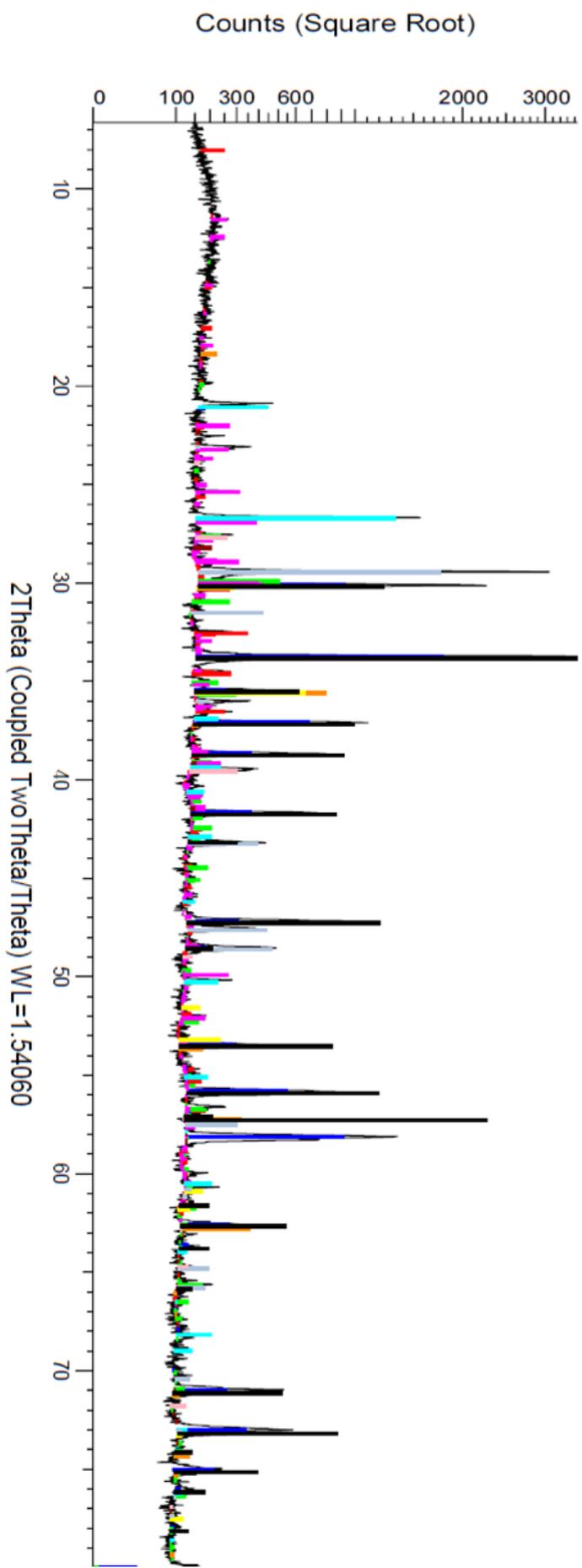
Thompson, A.J.B & Thompson, J.F.H. 1996: Atlas of Alteration, A field and petrographic guide to hydrothermal alteration minerals. Geological Assn of Canada, St Johns, Newfoundland, Canada

Weaver, S.; Bruce, R.; Nelson, E.; Brueckner, H.; Le Huaray, A. 1990: The Patagonian Batholith at 48°S latitude, Chile; Geochemical and isotopic variations. In Plutonism from Antarctica to Alaska (Kay, S.; Rapela, C.; editors). Geological Society of America Special Paper 241: 33-50. Boulder, Colorado.

7. Anexos

Anexos I: Resultados análisis XRD muestra CC1421

| Mineral | Color | Código PDF/COD | Formula | S-Q | System |
|-------------------------------|---|----------------|--|--------|------------|
| Vesuvianite |  | COD 9001022 | Al _{5.425} Ca _{9.14} Cu _{0.355} F _{0.533} Fe _{0.145} H _{4.25} Mg _{0.28} Mn _{0.34} O _{38.25} Si _{8.755} Zn _{0.484} | 4.48% | Tetragonal |
| Garnet |  | COD 9005787 | Al _{1.28} Ca _{2.43} Mn _{1.29} O ₁₂ Si ₃ | 13.09% | Cubic |
| Diopside |  | COD 9004553 | Ca Mg O ₆ Si ₂ | 5.05% | Monoclinic |
| Wollastonite-1A |  | COD 9012891 | Ca _{5.81} Mn _{0.19} O ₁₈ Si ₆ | 7.55% | Triclinic |
| Quartz |  | COD 9012604 | O ₂ Si | 0.31% | Hexagonal |
| Magnesium Aluminum Iron Oxide |  | PDF 71-1233 | Mg Al ₂ Fe _{1.8} O ₄ | 3.39% | Cubic |
| Quartz |  | PDF 82-0511 | Si O ₂ | 7.36% | Hexagonal |
| Calcium Oxide |  | PDF 03-0865 | Ca O ₂ | 9.58% | Tetragonal |
| Calcite |  | COD 1010962 | Ca CO ₃ | 7.99% | Rhombo.R |
| K ₂ O |  | COD 9009055 | K ₂ O | 0.58% | Cubic |
| Grossularite garnet |  | PDF 24-0177 | Ca ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂ / 3 Ca O · Al ₂ O ₃ · 3 Si O ₂ | 40.61% | Cubic |



Difractograma 1 : Perfil cristallino obtenido de la muestra CoQ-1

Anexos II: Fotografías bloques caídos Formación Apeleg







Anexos III: Tablas mineralógicas de muestras.

Cabe destacar los prefijos que se observan en la tabla, se otorgan en base a algunas características que puedan apreciarse del corte. El prefijo “Meta” se refiere a cuando las muestras se encuentran altamente alteradas, mientras que “Micro” es usado en las muestras que presentan tamaño de grano pequeño, relativo a las otras muestras.

| Nombre Muestra | Mineralogía | Litología | Unidad | Granulometría | Asociación de Alteración |
|----------------|--|------------------|------------|---------------|--------------------------|
| CC 1434A | Escasos cristales de cuarzo y plagioclasas, líticos arcillolitizados, algunos impregnados en esmectita, matriz agregado fino de cuarzo recristalizado, aparición variable de Actinolita y Epidota. | Toba con líticos | Fm. Ibáñez | Ceniza fina | Actinolita/Epidota |

| | | | | | |
|----------|---|--|----------------|---|--------------------|
| CC 1434B | Presenta escasos cristales relictos de plagioclasa, textura inequigranular de cuarzo y epidota, parches de Carbonatos, trazas de Clorita y Titanita | Lava andesítica | Fm. Ibáñez | _____ | Epidota |
| CC 1431 | Primaria: Plagioclasa, Qz, Mx. Opacos(en agregados); Secundaria: Plagioclasa sericitizadas y algunas albitizadas, agregados microcristalinos de Qz anhedral, Epidota, Clorita/Esmectita, Clorita, Arcillas; Texturas: Fragmental, Inequigranular Accesorios: Zircones, Apatito | Toba Gruesa de Cristales | Fm. Ibáñez | Ceniza gruesa | Epidota/Clorita |
| CC 1421 | Metacoquina poligonal porfidogranoblastica, con presencia de Granate/Vesuvianita, Tremolita, y titanita | Metacoquina | Fm. Toqui | Arena media | |
| CC 1424 | Primaria: plagioclasa hasta 1 mm; Secundaria: Clorita alterando la matriz, sericita alterando las plagioclasa, parches de carbonato. | Lava andesítica | Fm. Ibáñez | _____ | Clorita |
| CC 1422 | Intercalación de areniscas con lutitas. Los feldespatos se encuentran sericitizados y el cemento recristalizado a cuarzo consertal de grano muy fino. En zonas discretas se encuentran asociaciones de alteración Chl/Act/Ep. Esta última oxidada. | Intercalación de areniscas con lutitas | Fm. Apeleg | Arena fina con intercalaciones de limo. | Actinolita/Clorita |
| CC 1408 | Primaria: Cuarzo, opacos, posibles micas blancas detriticas; Secundaria: Matriz recristalizada a cuarzo y Mica Blanca, Arcillas, Clorita, | Meta-Limolita | Fm. Katterfeld | Limo | Cuarzo/Sericita |

| | | | | | |
|---------|--|-----------------|----------------|---------|-----------------|
| | parches de calcita, con alteración de feldespatos por sericita; Accesorios: Zircon(abajo a la izquierda del corte) | | | | |
| CC 1412 | Primaria: Cuarzo, opacos, posibles micas blancas detriticas; Secundaria: Matriz recristalizada a cuarzo y Mica Blanca, Arcillas, Clorita, parches de calcita, con alteración de feldespatos por sericita | Meta-Limolita | Fm. Katterfeld | Limo | Cuarzo/Sericita |
| CC 1411 | Primaria: Cuarzo, opacos, posibles micas blancas detriticas; Secundaria: Matriz recristalizada a cuarzo y Mica Blanca, Arcillas, Clorita, parches de calcita, con alteración de feldespatos por sericita; Accesorios: Zircon(abajo a la izquierda del corte) | Meta-GrauWacka | Fm.Katterfeld | Limo | Cuarzo/Sericita |
| CC 1414 | Primaria: Cuarzo, opacos, posibles micas blancas detriticas; Secundaria: Matriz recristalizada a cuarzo y Mica Blanca, Arcillas, Clorita, parches de calcita, con alteración de feldespatos por sericita; Accesorios: Zircon(abajo a la izquierda del corte) | Meta-GrauWacka | Fm.Katterfeld | Limo | Cuarzo/Sericita |
| CC 1437 | Primaria: Plagioclasa, mx.opacos; Secundaria: Biotita/Epidota, Pseudomorfos de Fenocristales de Plg parcialmente reemplazados (Epidota y menor Qz), Vetillas de Chl/Ep/Qz, vetillas Albita/Actinolita/Epidota /Carbonato, trazas de Calcita/Epidota. | Lava andesítica | Fm.Ibañez | — | Biotita/Epidota |
| CC 1429 | Roca sedimentaria de grano fino. La matriz es | Lutita | Fm.Katterfeld | Arcilla | Actinolita |

| | | | | | |
|---------|--|------------|---------------|------------------------|------------------------|
| | tamaño arcilla y los clastos mas grandes alcanzan hasta los 0,25 mm. Se reconocen pseudomorfos de feldspatos, y granos de cuarzo (se presentan con minerales opacos); Secundaria: Actinolita, en los bordes de los granos de cuarzo y reemplazando pseudomorfos de feldspatos. | | | | |
| CC 1425 | Roca sedimentaria, compuesta por granos de carbonatos y cemento micritico.Presenta clastos subredondeados de micrita.Vetillas sinuosas de cuarzo. | Metacaliza | Fm.Katterfeld | Fuera zona de estudio. | Fuera zona de estudio. |

Tabla Mineralogía Rocas Estratificadas

| Nombre Muestra | Mineralogía | QAP | Asociación Alteración |
|----------------|---|-----------------|-----------------------------|
| CC 1439 | Primaria: Plagioclasa (algunas albitizadas), minerales opacos; Secundaria: Pseudomorfos de biotita, clorita, actinolita, titanita (alta en comparación a otras muestras), Epidota, opacos, calcita (parches diseminados en la matriz). | (Meta)Diorita | Actinolita/Titanita/Biotita |
| CC 1438 | Primaria: Plagioclasa, relictos de Horblenda, relictos de Biotita (totalmente cloritizados). Secundaria: Anfibola (Horblenda), Clorita, Biotita, Apatito, agregado microgranulares de Titanita, trazas de Epidota. Textura: Decusada | (Meta)Diorita | Actinolita/Biotita |
| CC 1417 | Primaria: Feldespato potasico, cuarzo, Horblenda, cumulos de opacos con maficos (biotitas cloritizadas); Secundaria: Feldspatos Arcillolitizados y con parches de carbonato, clorita; Accesorios: Zircon, | Granito de Hbl. | ----- |

| | | | |
|---------|--|---------------------|--------------------|
| | apatito. Texturas: Fanerítica, gráfica, Perítica (feldespatos) | | |
| CC 1413 | Primaria: Plagioclasa; Secundaria: Actinolita, oquedades rellenas de opacos (en el centro) con actinolita (hacia los bordes), trazas de clorita. | (Micro) Diorita | Actinolita/Clorita |
| CC 1409 | Primaria: Plagioclasas relictas (albitizadas y sericitizadas), Pseudomorfos de Qz redondeados, minerales opacos. Secundaria: matriz recrystalizada biotita, cuarzo, clorita vetillas de cuarzo, trazas de mica blanca. | Tonalita | Biotita/Cuarzo |
| CC 1410 | Primaria: Plagioclasa (2 familias, gran parte de las plagioclasas más grandes presentan zonación concéntrica), cuarzo (1%); Secundaria: Intersticios rellenos de biotita y opacos, cristales de cuarzo presentan bordes de reabsorción, algunas biotitas cloritizadas, cristales anhedrales de titanita. | Diorita | Biotita/Actinolita |
| CC 1406 | Primaria: Fenocristales de plagioclasas zonadas, biotita, cuarzo. Secundaria: Biotita alterando a Clorita. Algunas epidotas con pleocroismo de blanco a amarillo en contacto con clorita. | Granodiorita de Bt. | Epidota/Clorita |
| CC 1404 | Primaria: Cuarzo (hasta 1mm), plagioclasa; Secundaria: Biotita, cuarzo. La matriz se compone de cuarzo y biotita. | (Micro) Granito | Biotita |
| CC 1403 | Primaria: Fenocristales de plagioclasa y feldespato K de entre 0.5 y 1.5 mm sericitizados. Presenta cumulos de biotita de grano fino intercrecidas con opacos y en algunos casos se observan opacos poikiliticos con inclusiones de biotita. Algunas biotitas se encuentran cloritizadas y epidotas de grano fino se encuentran en la masa felsítica. | Granito | Epidota/Clorita |
| CC 1418 | Primaria: plagioclasa, opacos. Secundaria: Actinolita, cuarzo, clorita, oquedades rellenas de actinolita, vetillas de cuarzo y cuarzo/clorita Textura: Traquítica | Diorita | Actinolita/Clorita |
| CC 1423 | Primaria: Fenocristales de plagioclasa (con macla polisintética), aprox. 1,5 mm. Inmersos en una masa de microlitos de plagioclasa (0,2 mm). Secundaria: Se observan fantasmas elongados rellenos con opacos (al centro) y horblenda, en menor medida cuarzo y parches de calcita. Vetillas de anfíbol, cuarzo, calcita | (Meta) Diorita | Epidota/Actinolita |
| CC 1405 | Intrusivo felsítico brechizado y metasomatizado. Entre los fragmentos de este cristalizaron biotitas, actinolitas radiales y cuarzo. Se reconoce un fragmento compuesto principalmente por plagioclasas elongadas y dispuestas según una dirección preferencial. | (Micro) Granito | Biotita/Actinolita |

| | | | |
|---------|---|--------------------|-----------------|
| | Este fragmento (xenolito) presenta la misma alteración que el resto de la roca. | | |
| CC 1420 | Primaria: plagioclasa levemente arcillolitizadas, minerales opacos; Secundaria: alta presencia de epidota (pistacita), oquedades rellenas con cuarzo, titanita, clorita; Texturas: Porfídica (fenocristales de plagioclasa), Glomeroporfídica (fenocristales de plagioclasa), felsítica (masa fundamental). | (Micro) Diorita | Epidota/Clorita |

Tabla Mineralogía Rocas Intrusivas

| Nombre Muestra | Carácter | Mineralogía | Asociación Alteración |
|----------------|----------------------|--|-----------------------|
| CC 1401 | Hipabisal | Primaria: Presenta pseudomorfo de plagioclasa (algunos mantienen su macla), cuarzo. Secundaria: Actinolita, Epidota, Clorita | Actinolita/Epidota |
| CC 1432 | Dique dacítico | Primaria: cuarzo, Plagioclasa; Secundaria: Mica Blanca, Epidota; Texturas: Porfídica, masa Felsítica | Mica blanca/Cuarzo |
| CC1416 | Dique andesítico | Primaria: plagioclasa, horblenda, apatito, opacos; Secundaria: Epidota, actinolita, titanita (mas que en las otras muestras), clorita. | Epidota/Actinolita |
| CC 1415 | Hipabisal andesítico | Primaria: plagioclasa, horblenda; Secundaria: actinolita (verde), biotita (café), cuarzo, clorita; Accesorios: apatito: Presenta xenolitos con bordes de actinolita y hacia el centro presenta cuarzo, opacos y biotita. | Actinolita/Biotita |
| CC 1419 | Dique | Primaria: plagioclasa, cuarzo; Secundaria: cuarzo, micas blancas, Carbonato, microvetillas de Ox de Fe | Mica blanca/Cuarzo |
| CC 1430 | Sill Diorítico | Micro fenocristales de plagioclasa (1,5 mm a 0,5 mm), con parches de actinolita. Ambas familias de plagioclasas presentan macla de | Actinolita/Clorita |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | <p>Carlsbad y polisintética. , inmersos en una masa compuesta por plagioclasas(aprox. 0,2 mm) y opacos (0,2 mm). Presenta una alteración penetrativa, la cual otorga una coloración verde; Secundaria: Actinolita(pleocroica), Clorita y cuarzo rellenando oquedades. Vetillas continuas, levemente sinuosas de cuarzo y arreglo de clorita-esmectita.</p> | |
|--|--|--|--|

Tabla Mineralogía Diques y cuerpos someros

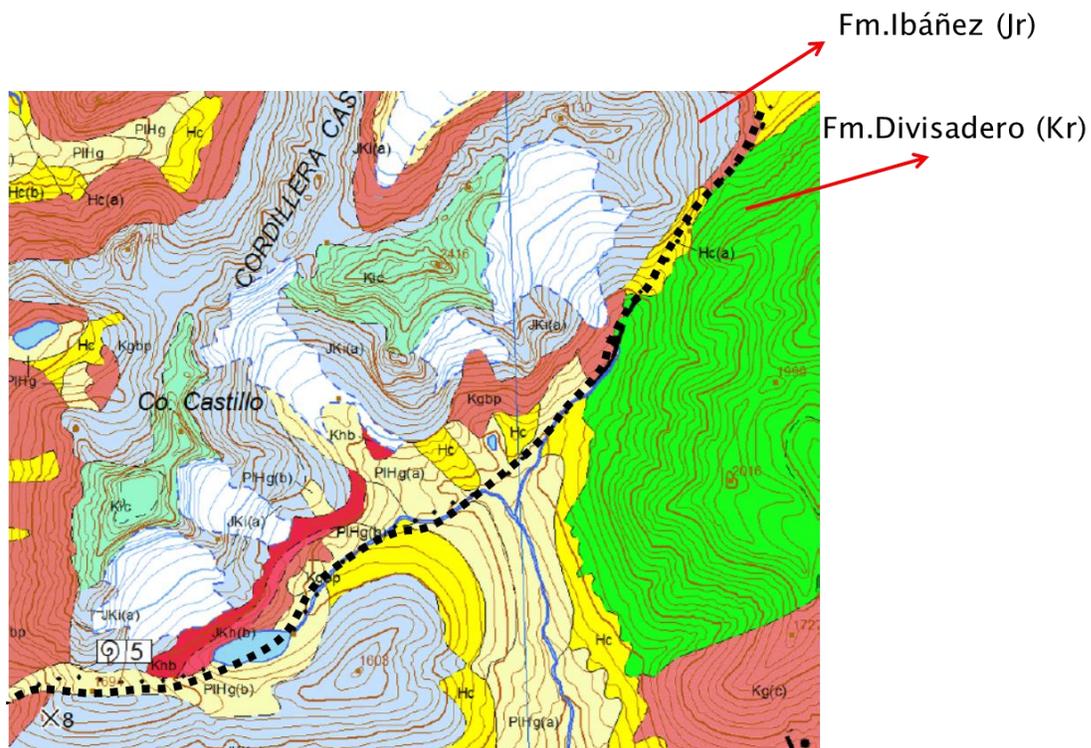
Anexos IV: Fichas GeoSitios

| | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|-------------------------------------|--|--|--|---|--|--|
| Nombre | Laguna Castillo | | | | | | | | | |
| Ubicación | | | | | | | | | | |
| Región: XI | Provincia: | | | | Comuna: Río Ibáñez | | | | | |
| Coordenadas | 717351 | | | 4893253 | | | Altitud: | | 1415 | |
| Población más próxima (cual y distancia) | | | | Villa Cerro Castillo (7 km) | | | | | | |
| Dimensión: | Sitio <input type="checkbox"/> | | Área <input checked="" type="checkbox"/> | | Panorámico <input type="checkbox"/> | | | | | |
| A.- Valor intrínseco | | | | | | | | | | |
| Científico: | Nulo <input type="checkbox"/> | | Bajo <input type="checkbox"/> | | Medio <input type="checkbox"/> | | Elevado <input type="checkbox"/> | | Muy elevado <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Categoría Temática: | Geomorfológico <input checked="" type="checkbox"/> | | Paleontológico <input checked="" type="checkbox"/> | | Geoquímico <input type="checkbox"/> | | Cárstico <input type="checkbox"/> | | Geo-cultural <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | Mineralógico <input checked="" type="checkbox"/> | | Petroológico <input checked="" type="checkbox"/> | | Volcánico <input checked="" type="checkbox"/> | | Eólico <input type="checkbox"/> | | Económico <input type="checkbox"/> | |
| | Hidrogeológico <input checked="" type="checkbox"/> | | Geotécnico <input type="checkbox"/> | | Fluvial <input checked="" type="checkbox"/> | | Litoral <input type="checkbox"/> | | Meteorico <input type="checkbox"/> | |
| | Estratigráfico <input checked="" type="checkbox"/> | | Tectónico <input checked="" type="checkbox"/> | | Lacustre <input checked="" type="checkbox"/> | | Glaciar <input checked="" type="checkbox"/> | | | |
| Otro: | Turístico | | | | | | | | | |
| Ecológico | Nulo <input type="checkbox"/> | | Bajo <input type="checkbox"/> | | Medio <input type="checkbox"/> | | Elevado <input type="checkbox"/> | | Muy elevado <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Cultural | Nulo <input type="checkbox"/> | | Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | | Medio <input type="checkbox"/> | | Elevado <input type="checkbox"/> | | Muy elevado <input type="checkbox"/> | |
| Estético | Nulo <input type="checkbox"/> | | Bajo <input type="checkbox"/> | | Medio <input type="checkbox"/> | | Elevado <input type="checkbox"/> | | Muy elevado <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Didáctico | Nulo <input type="checkbox"/> | | Bajo <input type="checkbox"/> | | Medio <input type="checkbox"/> | | Elevado <input type="checkbox"/> | | Muy elevado <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Económico | Nulo <input type="checkbox"/> | | Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | | Medio <input type="checkbox"/> | | Elevado <input type="checkbox"/> | | Muy elevado <input type="checkbox"/> | |
| Influencia a nivel: | Local <input type="checkbox"/> | | Regional <input type="checkbox"/> | | Nacional <input type="checkbox"/> | | Internacional <input checked="" type="checkbox"/> | | | |
| B.- Potencial de uso | | | | | | | | | | |
| Accesibilidad | Muy difícil <input type="checkbox"/> | | Difícil <input type="checkbox"/> | | Moderada <input checked="" type="checkbox"/> | | Fácil <input type="checkbox"/> | | Muy fácil <input type="checkbox"/> | |
| Tipo: | Pavimento(P), Ripio(R), Tierra(T) Estado: Bueno(B), Ripio (R) 1 km; Sendero Reserva Nacional Cerro Castillo 6 km | | | | | | | | | |
| Distancia del lugar propuesto a punto más próximo de acceso en (metros): | | | | | | | | | | |
| Bus: | <input type="checkbox"/> | | | Automóvil: <input type="checkbox"/> | | | Todo terreno: <input type="checkbox"/> | | | |
| Visibilidad | Muy poca <input type="checkbox"/> | | Poca <input type="checkbox"/> | | Moderada <input type="checkbox"/> | | Buena <input type="checkbox"/> | | Muy buena <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Otros valores (naturales y/o culturales) y uso actual | | | | | Sin valor y sin uso <input type="checkbox"/> | | | Sin valor y con uso <input type="checkbox"/> | | |
| Detalle: Uso por parte de operadores locales de turismo. | | | | | Con valor y sin uso <input type="checkbox"/> | | | Con valor y con uso <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| Obstáculos para el aprovechamiento del lugar: | | | | | Sí <input checked="" type="checkbox"/> | | No <input type="checkbox"/> | | | |
| Descripción: Paso obligado por propiedad privada, dueño negocia con un operador local de turismo, el cual cobra el paso a los otros operadores. | | | | | | | | | | |
| Peligro volcánico | Muy alto <input type="checkbox"/> | | Alto <input checked="" type="checkbox"/> | | Moderado <input type="checkbox"/> | | Bajo <input type="checkbox"/> | | Nulo <input type="checkbox"/> | |
| C.- Necesidades de protección | | | | | | | | | | |
| Deterioro | Poco <input type="checkbox"/> | | Moderado <input checked="" type="checkbox"/> | | Avanzado <input type="checkbox"/> | | | | | |
| Vulnerabilidad | Baja <input type="checkbox"/> | | Media <input checked="" type="checkbox"/> | | Alta <input type="checkbox"/> | | | | | |
| Protección | Suficiente <input type="checkbox"/> | | Insuficiente <input type="checkbox"/> | | Muy deficiente <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | |
| Tipo de protección: Es parte de las áreas protegidas de la CONAF, corresponde a la Reserva Nacional Cerro Castillo. | | | | | | | | | | |
| Urgencia de protección: | | | Muy urgente <input type="checkbox"/> | | Urgente <input checked="" type="checkbox"/> | | Mediano plazo <input type="checkbox"/> | | Largo plazo <input type="checkbox"/> | |
| Situación Administrativa | | | | | | | | | | |
| Propiedad del estado <input type="checkbox"/> | | | Propiedad entidades privadas <input type="checkbox"/> | | | | Propiedad particular <input type="checkbox"/> | | | |
| Propiedad autoridad local <input type="checkbox"/> | | | Propiedad entidades publicas <input type="checkbox"/> | | | | Área protegida <input checked="" type="checkbox"/> | | | |

| | | | | | |
|---|--|---|--|---|---|
| Nombre | Mirador Cuesta del Diablo | | | | |
| Ubicación | | | | | |
| Región: XI | Provincia: | | Comuna: | | |
| Coordenadas | | | Altitud: | | |
| Población mas próxima (cual y distancia) | | Villa Cerro Castillo 8 km | | | |
| Dimensión: | Sitio <input type="checkbox"/> | Área <input type="checkbox"/> | Panorámico <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| A.- Valor intrínseco | | | | | |
| Científico: | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input type="checkbox"/> | Muy elevado <input type="checkbox"/> |
| Categoría Temática | Geomorfológico <input checked="" type="checkbox"/> | Paleontológico <input checked="" type="checkbox"/> | Geoquímico <input type="checkbox"/> | Cárstico <input type="checkbox"/> | Geo-cultural <input type="checkbox"/> |
| | Mineralógico <input type="checkbox"/> | Petrologico <input type="checkbox"/> | Volcánico <input checked="" type="checkbox"/> | Eólico <input type="checkbox"/> | Económico <input type="checkbox"/> |
| | Hidrogeológico <input checked="" type="checkbox"/> | Geotécnico <input checked="" type="checkbox"/> | Fluvial <input checked="" type="checkbox"/> | Litoral <input type="checkbox"/> | Metéorico <input type="checkbox"/> |
| | Estratigráfico <input type="checkbox"/> | Tectónico <input checked="" type="checkbox"/> | Lacustre <input type="checkbox"/> | Glaciar <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Otro: | | | | | |
| Ecológico | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input checked="" type="checkbox"/> | Muy elevado <input type="checkbox"/> |
| Cultural | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input type="checkbox"/> | Muy elevado <input type="checkbox"/> |
| Estético | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input type="checkbox"/> | Muy elevado <input checked="" type="checkbox"/> |
| Didáctico | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input checked="" type="checkbox"/> | Muy elevado <input type="checkbox"/> |
| Económico | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input type="checkbox"/> | Muy elevado <input type="checkbox"/> |
| Influencia a nivel: | Local <input type="checkbox"/> | Regional <input checked="" type="checkbox"/> | Nacional <input type="checkbox"/> | Internacional <input type="checkbox"/> | |
| B.- Potencial de uso | | | | | |
| Accesibilidad | Muy Difícil <input type="checkbox"/> | Difícil <input type="checkbox"/> | Moderada <input type="checkbox"/> | Fácil <input type="checkbox"/> | Muy fácil <input checked="" type="checkbox"/> |
| Tipo: Pavimento(P), Ripio(R), Tierra(T) | Pavimento (B) | | | | |
| Estado: Bueno(B), Regular(R), Malo(M) | Pavimento (B) | | | | |
| Distancia del lugar propuesto a punto mas próximo de acceso en (metros): | | | | | |
| Bus: | | Automóvil: | | Todo terreno: | |
| Visibilidad | Muy poca <input type="checkbox"/> | Poca <input type="checkbox"/> | Moderada <input type="checkbox"/> | Buena <input checked="" type="checkbox"/> | Muy buena <input type="checkbox"/> |
| Otros valores (naturales y/o culturales) y uso actual | | | Sin valor y sin uso <input type="checkbox"/> | Sin valor y con uso <input type="checkbox"/> | |
| Detalle: Infraestructura de mirador y ficha explicativa | | | Con valor y sin uso <input type="checkbox"/> | Con valor y con uso <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Obstáculos para el aprovechamiento del lugar: | | | Si <input type="checkbox"/> | No <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Descripción: | | | | | |
| Peligro volcánico | Muy alto <input type="checkbox"/> | Alto <input type="checkbox"/> | Moderado <input type="checkbox"/> | Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | Nulo <input type="checkbox"/> |
| C.- Necesidades de protección | | | | | |
| Deterioro | Poco <input checked="" type="checkbox"/> | Moderado <input type="checkbox"/> | Avanzado <input type="checkbox"/> | | |
| Vulnerabilidad | Baja <input checked="" type="checkbox"/> | Media <input type="checkbox"/> | Alta <input type="checkbox"/> | | |
| Protección | Suficiente <input checked="" type="checkbox"/> | Insuficiente <input type="checkbox"/> | Muy deficiente <input type="checkbox"/> | | |
| Tipo de protección: | | | | | |
| Urgencia de protección: Muy urgente <input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Mediano plazo <input type="checkbox"/> Largo plazo <input type="checkbox"/> | | | | | |
| Situación Administrativa | | | | | |
| Propiedad del estado <input type="checkbox"/> | | Propiedad entidades privadas <input type="checkbox"/> | | Propiedad particular <input type="checkbox"/> | |
| Propiedad autoridad local <input checked="" type="checkbox"/> | | Propiedad entidades publicas <input type="checkbox"/> | | Área protegida <input type="checkbox"/> | |

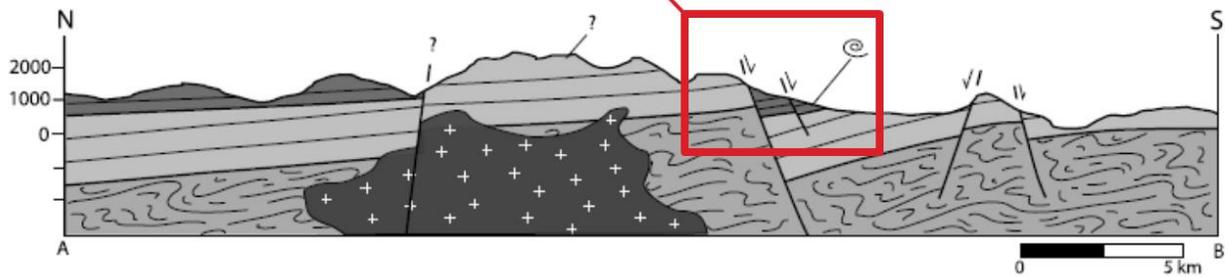
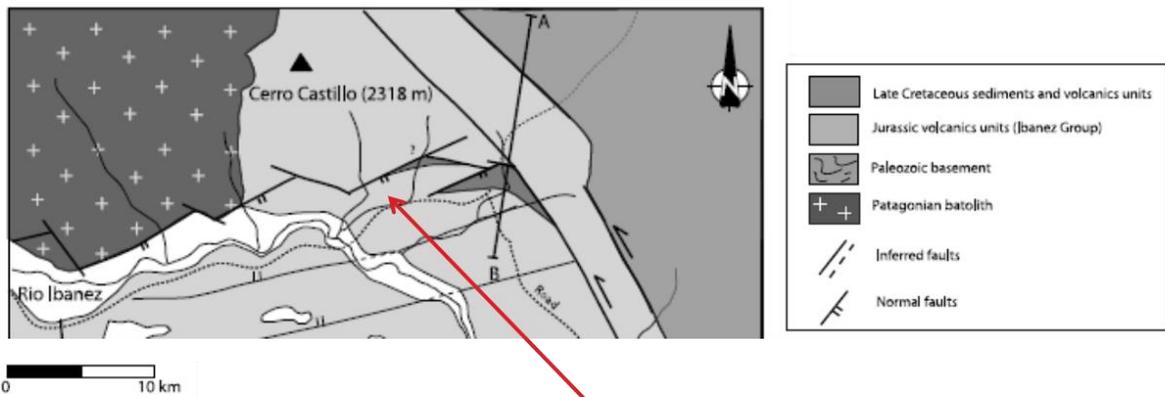
| | | | | | |
|--|--|---|--|---|---|
| Nombre | Roca Aborregada Cerro Castillo | | | | |
| Ubicación | | | | | |
| Región: XI | Provincia: | | Comuna: | | |
| Coordenadas | 714486 | 4887043 | Altitud: | 524 | |
| Población mas próxima (cual y distancia) | | Villa Cerro Catillo | | | |
| Dimensión: | Sitio <input type="checkbox"/> | Área <input type="checkbox"/> | Panorámico <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| A.- Valor intrínseco | | | | | |
| Científico: | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input checked="" type="checkbox"/> | Muy elevado <input type="checkbox"/> |
| Categoría Temática | Geomorfológico <input checked="" type="checkbox"/> | Paleontológico <input type="checkbox"/> | Geoquímico <input type="checkbox"/> | Cárstico <input type="checkbox"/> | Geo-cultural <input type="checkbox"/> |
| | Mineralógico <input type="checkbox"/> | Petrologico <input type="checkbox"/> | Volcánico <input checked="" type="checkbox"/> | Eólico <input type="checkbox"/> | Económico <input type="checkbox"/> |
| | Hidrogeológico <input checked="" type="checkbox"/> | Geotécnico <input type="checkbox"/> | Fluvial <input checked="" type="checkbox"/> | Litoral <input type="checkbox"/> | Metéorico <input type="checkbox"/> |
| | Estratigráfico <input checked="" type="checkbox"/> | Tectónico <input checked="" type="checkbox"/> | Lacustre <input checked="" type="checkbox"/> | Glaciar <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Otro: | | | | | |
| Ecológico | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input type="checkbox"/> | Medio <input checked="" type="checkbox"/> | Elevado <input type="checkbox"/> | Muy elevado <input type="checkbox"/> |
| Cultural | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input type="checkbox"/> | Muy elevado <input type="checkbox"/> |
| Estético | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input type="checkbox"/> | Muy elevado <input checked="" type="checkbox"/> |
| Didáctico | Nulo <input type="checkbox"/> | Bajo <input type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input type="checkbox"/> | Muy elevado <input checked="" type="checkbox"/> |
| Económico | Nulo <input checked="" type="checkbox"/> | Bajo <input type="checkbox"/> | Medio <input type="checkbox"/> | Elevado <input type="checkbox"/> | Muy elevado <input type="checkbox"/> |
| Influencia a nivel: | Local <input type="checkbox"/> | Regional <input checked="" type="checkbox"/> | Nacional <input type="checkbox"/> | Internacional <input type="checkbox"/> | |
| B.- Potencial de uso | | | | | |
| Accesibilidad | Muy Difícil <input type="checkbox"/> | Difícil <input type="checkbox"/> | Moderada <input type="checkbox"/> | Fácil <input checked="" type="checkbox"/> | Muy fácil <input type="checkbox"/> |
| Tipo: Pavimento(P), Ripio(R), Tierra(T) | Ripio (R) 15 km | | | | |
| Estado: Bueno(B), Regular(R), Malo(M) | | | | | |
| Distancia del lugar propuesto a punto mas próximo de acceso en (metros): | | | | | |
| Bus: | Automóvil: | Todo terreno: | | | |
| Visibilidad | Muy poca <input type="checkbox"/> | Poca <input type="checkbox"/> | Moderada <input type="checkbox"/> | Buena <input type="checkbox"/> | Muy buena <input checked="" type="checkbox"/> |
| Otros valores (naturales y/o culturales) y uso actual | | Sin valor y sin uso <input type="checkbox"/> | | Sin valor y con uso <input type="checkbox"/> | |
| Detalle: | | Con valor y sin uso <input checked="" type="checkbox"/> | | Con valor y con uso <input type="checkbox"/> | |
| Obstáculos para el aprovechamiento del lugar: | | | Si <input type="checkbox"/> | No <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Descripción: | | | | | |
| Peligro volcánico | Muy alto <input type="checkbox"/> | Alto <input type="checkbox"/> | Moderado <input type="checkbox"/> | Bajo <input checked="" type="checkbox"/> | Nulo <input type="checkbox"/> |
| C.- Necesidades de protección | | | | | |
| Deterioro | Poco <input checked="" type="checkbox"/> | Moderado <input type="checkbox"/> | Avanzado <input type="checkbox"/> | | |
| Vulnerabilidad | Baja <input checked="" type="checkbox"/> | Media <input type="checkbox"/> | Alta <input type="checkbox"/> | | |
| Protección | Suficiente <input type="checkbox"/> | Insuficiente <input type="checkbox"/> | Muy deficiente <input type="checkbox"/> | | |
| Tipo de protección: Inexistente | | | | | |
| Urgencia de protección: | | Muy urgente <input type="checkbox"/> | Urgente <input type="checkbox"/> | Mediano plazo <input type="checkbox"/> | Largo plazo <input type="checkbox"/> |
| Situación Administrativa | | | | | |
| Propiedad del estado <input checked="" type="checkbox"/> | | Propiedad entidades privadas <input type="checkbox"/> | | Propiedad particular <input type="checkbox"/> | |
| Propiedad autoridad local <input type="checkbox"/> | | Propiedad entidades publicas <input type="checkbox"/> | | Área protegida <input type="checkbox"/> | |

Anexos 5: Imágenes y fotografías Discusiones III



Modificado de Quiroz y Bruce, 2010.





Modificado de Scalabrino *et al.*, 2010