



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

**EVOLUCIÓN TECTONO-ESTRATIGRÁFICA DE  
DEPÓSITOS CENOZOICOS EN LA CUENCA DEL RÍO  
TENÓ, VERTIENTE OCCIDENTAL DE LA CORDILLERA  
PRINCIPAL**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO**

**ANDRÉS FELIPE HEVIA CRUZ**

PROFESOR GUÍA:  
SR. MARCELO FARÍAS THIERS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
SR. REYNALDO CHARRIER GONZÁLEZ  
SR. MARIO VERGARA MARTÍNEZ

SANTIAGO DE CHILE  
2014

## **Resumen**

En este informe se presentan antecedentes obtenidos en geología de campo y geocronología, junto con un modelo de evolución paleogeográfica de las rocas estratificadas cenozoicas localizadas en la quebrada La Jaula, en la cuenca del Río Teno, en el flanco occidental de la Cordillera Principal de Chile central (35°S).

Se realizó una caracterización de la estratigrafía y geología estructural, junto con la obtención de edades para dos unidades litológicas a través de dataciones radiométricas por el método U-Pb en circones detríticos.

Los depósitos estratificados que afloran en el cerro Corona del Fraile y en la quebrada La Jaula corresponden a (1): facies sedimentarias fluvio-lacustres provenientes del retrabajo de unidades de edad Eoceno-Oligoceno y (2) una posterior acumulación de volcanitas provenientes del arco volcánico del Mioceno Inferior.

Basado en los datos obtenidos en este trabajo es posible acotar la edad máxima de depositación de las secuencias volcánicas de la Unidad Corona del Fraile (González y Vergara, 1962) al Mioceno inferior (Burdigaliano) y correlacionarlas con la serie volcánica del Mioceno, la cual, al norte de los 35°S, ha sido asignada a la Formación Farellones.

Se adjunta un mapa geológico a escala 1:25.000 y un perfil estructural de la zona.

A todos quienes habitamos las Cordilleras.

## Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a los miembros de la comisión: profesor Charrier y profesor Vergara por su paciencia y buena disposición durante el desarrollo de este trabajo. En especial agradezco al profesor Marcelo Farías por haberme permitido participar en este proyecto, por su confianza y paciencia. Este estudio fue financiado por el Proyecto FONDECYT 1120272.

Con mucho cariño agradezco a los profesores y compañeros de carrera, en especial a mis compañeros de curso por la sinergia generada en clases, en laboratorios y en terreno. Agradezco también a los compañeros de la sala de memoristas, en especial al comando COD.

Este trabajo no podría haber sido realizado sin la experta labor de Julio Díaz (laboratorio de cortes), Juan Vargas y Roberto Valles (laboratorio de separación de minerales) a quienes agradezco profundamente su siempre buena voluntad.

En especial agradezco a Blanca Baccola por su paciencia y por su ayuda constante a lo largo del proceso de memoria.

A quienes me acompañaron en las salidas a terreno, les doy las gracias por su disposición e interés: mis amigos del alma Ítalo Payacán y Rodrigo Quiroga.

A quienes colaboraron en terreno, en especial a mi amigo Nicolás Lecaros, Gonzalo Doerr y a Dn. Oscar Álvarez. Agradezco también al Pinto y al Zorrillo, quienes facilitaron bastante la logística.

Agradezco también a todos quienes han contribuido al conocimiento de la Cordillera de Los Andes, generando esta labor colectiva motivada por fuerzas superiores. Me siento honrado de poder participar en este proceso y de captar la escala del asunto.

Gracias mamá y papá por tanto amor, motivación, inspiración y paciencia siempre. Gracias hermanos por su amor, por aguantarme y ayudarme.

## Tabla de Contenido

1	Problemática de estudio .....	1
2	Hipótesis de trabajo.....	2
3	Ubicación geográfica y vías de acceso.....	3
4	Objetivos del estudio.....	4
4.1	Objetivo General:.....	4
4.2	Objetivos Específicos:.....	4
5	Metodología .....	5
5.1	Introducción .....	5
5.2	Metodología para el objetivo específico 1 .....	5
5.3	Metodología para el objetivo específico 2 .....	5
5.4	Metodología para el objetivo específico 3 .....	5
5.5	Metodología para el objetivo específico 4 .....	5
6	Marco Geológico Regional .....	6
7	Geología Local.....	9
8	Estratigrafía.....	11
8.1	Introducción .....	12
8.2	Unidades Litoestratigráficas.....	13
8.2.1	Unidad Corona del Fraile:.....	13
8.3	Formación Abanico (Aguirre, 1960).....	19
9	Rocas Intrusivas .....	23
9.1	Intrusivo Hipabisal .....	25
	.....	26
9.2	Granodiorita de Hornblenda y Biotita.....	26
10	Edades .....	27
10.1	Muestra AH-A:.....	28
10.2	Muestra AH-B.....	30
11	Geología Estructural.....	31
11.1	Estructuras regionales: .....	31

Falla El Fierro .....	31
11.2 Estructuras en la zona de estudio: .....	33
12 Discusiones .....	43
12.1 Marco general.....	43
12.2 Evolución paleogeográfica.....	45
12.3 Correlaciones litoestratigráficas .....	51
12.4 Contexto Estructural Regional .....	52
13 Conclusiones .....	55
14 Bibliografía .....	57

## Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica y vías de acceso. ....	3
Figura 2 Etapas y subetapas del Ciclo Tectónico Andino. ....	6
Figura 3. Segmentación morfoestructural de la Cordillera de Los Andes en Chile central. ....	8
Figura 4. Mapa Geológico de la zona de estudio. ....	11
Figura 5. Miembro superior de la unidad Corona del Fraile. ....	14
Figura 6 Miembro inferior y medio de la unidad Corona del Fraile. ....	14
Figura 7. Correlación de columnas estratigráficas de la Unidad Corona del Fraile. ....	16
Figura 8 Cortes transparentes muestra AH-10. ....	17
Figura 9. Corte transparente de la muestra AH-3. ....	17
Figura 10 Corte transparente de la muestra AH-13. ....	18
Figura 11 Corte transparente de la muestra AH-12. ....	18
Figura 12 Fotografía de afloramiento en el Cordón El Venado. ....	19
Figura 13 Columna estratigráfica del miembro superior de la Formación Abanico (C3). ....	20
Figura 14 Fotografía de afloramiento en el Cordón El Venado. ....	21
Figura 15 Pliegue apretado en la línea de cumbres del Cordón El Venado ....	21
Figura 16 Vista hacia el S de la unidad Corona del Fraile. ....	22
Figura 17 Mapa geológico destacando las rocas intrusivas. ....	24
Figura 18 Fotografía del intrusivo de la zona W. ....	25
Figura 19. Detalle de afloramiento del dique. ....	26
Figura 20 Localización de las muestras AH-A y AH-B. ....	27
Figura 21. Gráficos de las edades para la muestra AH-A ....	28
Figura 22 Gráficos de las edades para la muestra AH-B ....	30
Figura 23 Mapa geológico localizado al E de la zona de estudio (Piquer, 2010). ....	32
Figura 24 Mapa de la zona destacando las principales estructuras. ....	34
Figura 25 . Prolongación de la Falla El Venado hacia el sur del Río Claro. ....	36
Figura 26 Falla Corona del Fraile. ....	38
Figura 27 Perfil estructural A-A'. ....	39
Figura 28. Trabajos realizados al N y S de la zona de estudio. ....	41
Figura 29 Estructuras al norte de la zona de estudio. ....	42
Figura 30 Fotointerpretación de estructuras al sur de la zona de estudio. ....	42
Figura 31 Perfiles de evolución paleogeográfica (Modificado de Charrier et al. 2009). ....	44
Figura 32: Desarrollo de la Cuenca extensional de Abanico ....	45
Figura 33: Inversión de la Cuenca de Abanico). ....	46
Figura 34: Depositación de la unidad Corona del Fraile: ....	48

Figura 35: Configuración actual.....	49
Figura 36 Perfiles esquemáticos de evolución paleogeográfica.....	50
Figura 37 Sección estructural regional.....	54

# 1 Problemática de estudio

Los gruesos volúmenes de rocas estratificadas que conforman el flanco occidental de la Cordillera Principal en Chile central entre 33 y 36° S, fueron acumulados en una cuenca extensional de intra-arco de orientación N-S, activa desde el Eoceno Superior y que luego sufrió una inversión tectónica originada por un pulso compresivo registrado aproximadamente entre 21 y 16 Ma (Charrier et al., 2002, 2005).

Durante la etapa extensional se acumularon las sucesiones volcánicas y sedimentarias agrupadas en la Formación Abanico (Aguirre, 1960; González y Vergara, 1962). Durante la etapa deinversión continuaron los procesos de depositación de las sucesiones volcánicas agrupadas en la Formación Farellones (Klohn, 1960), cuyos afloramientos no han sido reportados, hasta la fecha, al sur del Río Tinguiririca (34° 45').

La relación estratigráfica entre ambas unidades ha sido objeto de amplia discusión pues ha sido descrita por diferentes autores como concordante (Godoy y Lara 1994; Navarro 2001), discordante (Charrier et al., 2002) y tectónico (Godoy et al., 1999; Charrier et al., 2002; Fock et al., 2006) a distintas latitudes.

Otro factor de controversia ha sido el traslape de edades de ambas formaciones: mientras la edad más joven obtenida para la Formación Abanico es de  $16.1 \pm 0.5$  Ma (Kay y Kurtz, 1995) en la 6° Región de O'Higgins, la edad más antigua obtenida para la base de la Formación Farellones es de 25,2 Ma (Munizaga y Vicente, 1982) en la zona norte de la cuenca (~31° 30'S).

Al respecto, Charrier et al. (2002) plantearon una progresión hacia el sur de la deformación, lo cual se traduce en el diacronismo entre las edades de ambas formaciones, y en sus variables relaciones de contacto.

En consideración a lo anterior, este estudio presenta: (1) nuevos antecedentes estratigráficos y geocronológicos de secuencias volcánicas y sedimentarias del flanco occidental de la Cordillera Principal, aproximadamente a 35°S, y (2) un modelo de evolución paleogeográfica que reconstruye los eventos de depositación y deformación que afectaron el área de estudio, enmarcándose en la evolución de la Cuenca de Abanico y el alzamiento andino.

Las edades obtenidas, así como los antecedentes litoestratigráficos reportados en el cerro Corona del Fraile, permitirían extender el mapeo de los afloramientos de la Formación Farellones al sur del Río Tinguiririca hasta aproximadamente los 35° 08'S.

## **2 Hipótesis de trabajo**

Los depósitos estratificados que componen el cerro Corona del Fraile, en el flanco occidental de la Cordillera Principal a los 35° 03'S corresponden a volcanitas provenientes del arco magmático del Mioceno inferior. Estas secuencias fueron acumuladas sobre el relieve generado durante la inversión tectónica de la Cuenca de Abanico, en cuencas menores, controladas por bloques estructurales limitados por falla, y aisladas de fuentes sedimentarias mesozoicas.

### 3 Ubicación geográfica y vías de acceso

La zona de estudio se localiza en Chile central, entre los valles del Río Teno y de su tributario, el Río Claro, en la Región del Maule, ( $35^{\circ} 03'S$   $70^{\circ} 44' W$ ). A la zona se accede desde la Ruta 5 Sur siguiendo la Ruta J-55 (Romeral) o bien J-25 (La Montaña de Teno) hacia el paso internacional Vergara, llegando al poblado de Los Queñes, lugar de confluencia del Río Claro con el Río Teno.

El acceso a la zona de estudio se realiza a pie o a caballo, siguiendo dos posibles caminos: (a) desde la cuenca del Río Claro, cruzando el Cordón El Venado hacia el E (portezuelo Agua Fría) o (b) directamente desde la Ruta J-55, remontando el camino que accede, desde la ladera NW del Cerro Corona del Fraile, a la quebrada La Jaula (Figura 1).

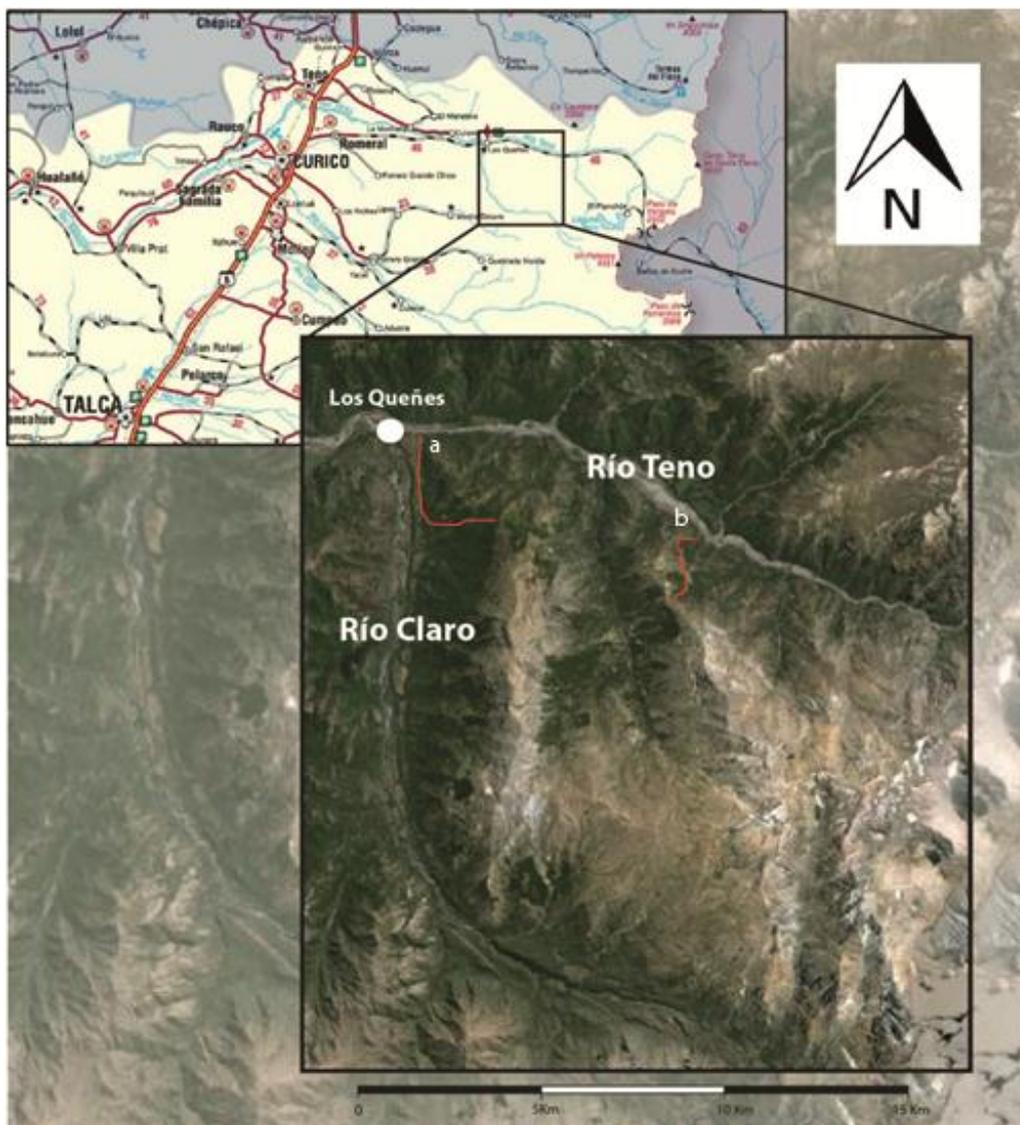


Figura 1. Ubicación geográfica y vías de acceso. a. Acceso desde la cuenca del Río Claro hacia el Cordón El Venado. b. Acceso desde la Ruta J-55 hacia la Quebrada La Jaula

## **4 Objetivos del estudio**

### **4.1 Objetivo General:**

Establecer un modelo de la evolución tectonoestratigráfica para los depósitos localizados en la quebrada La Jaula, en el marco del desarrollo e inversión de la Cuenca de Abanico y el alzamiento andino Neógeno.

### **4.2 Objetivos Específicos:**

1. Caracterizar la estratigrafía de los depósitos del cerro Corona del Fraile y del Cordón El Venado
2. Caracterizar la litología de las unidades estudiadas
3. Establecer la cronología de depositación y deformación
4. Determinar la evolución y desarrollo estructural de las secuencias estudiadas

## **5 Metodología**

### **5.1 Introducción**

Inicialmente se realizó un trabajo de gabinete pre-campaña, consistente en la recopilación de material bibliográfico de estudios anteriores de la zona, junto con la revisión de mapas geológicos e imágenes satelitales.

A continuación, se realizaron seis campañas de terreno, entre enero y septiembre de 2013, completando un total de 19 días en el área de estudio. El trabajo consistió, inicialmente, en reconocer las unidades estratigráficas y sus relaciones de contacto e identificar las principales estructuras que las afectan. Se realizó la recolección de muestras, tanto para descripción petrográfica, como para dataciones radiométricas. Una vez compilados los datos de terreno, y obtenidas las edades radiométricas, se realizó el trabajo de gabinete consistente en la elaboración del presente texto, el mapa geológico y los perfiles estructurales.

### **5.2 Metodología para el objetivo específico 1**

Reconocimiento y caracterización de las unidades estratigráficas y sus relaciones de contacto, caracterización de los afloramientos y medición de datos de rumbo y manteo. Confección y correlación de columnas estratigráficas.

### **5.3 Metodología para el objetivo específico 2**

Descripción de muestras de mano y cortes transparentes en microscopio óptico.

### **5.4 Metodología para el objetivo específico 3**

Para las dataciones radiométricas por el método U-Pb en circones detríticos, se tomaron muestras representativas de dos unidades litológicas: la primera, correspondiente a una arenisca de grano medio (Muestra AH-A), mientras la segunda (Muestra AH-B), corresponde a una toba cristalina perteneciente a la unidad volcánica localizada en el Cerro Corona del Fraile.

A continuación se realizó la concentración de minerales pesados en el Laboratorio del Separación de Minerales del Departamento de Geología de la Universidad de Chile, con el fin de aislar los cristales de circón para su análisis.

Posteriormente los circones fueron enviados al Laboratorio de Estudios Isotópicos de la Universidad Nacional Autónoma de México para su datación.

### **5.5 Metodología para el objetivo específico 4**

Confección de perfiles de evolución paleogeográfica junto con la elaboración de un mapa geológico a escala 1:25.000 y secciones estructurales esquemáticas con los datos obtenidos en terreno.

## 6 Marco Geológico Regional

El margen continental occidental de Sudamérica corresponde a una zona de subducción que ha permanecido activa de manera continua desde el Jurásico Inferior hasta el presente (Mpodozis y Ramos, 1989; Jordan et al., 2001; Charrier et al., 2007), tiempo durante el cual se desarrolla el Ciclo Tectónico Andino, el cual puede dividirse en tres etapas. Cada una caracterizada por períodos en que predomina una tectónica extensiva, interrumpidos por pulsos compresivos de relativamente corta duración. La evolución cenozoica del orógeno comprende la segunda subetapa de la segunda etapa y la tercera etapa del ciclo (Figura 2).

EDAD	ERA	PERIODO	CICLO TECTONICO	ETAPAS	SUBETAPAS	EVENTOS TECTONICOS
10	CENOZOICO	NEOGENO	A N D I N O	Tercera	Segunda	<i>Orogenia Pehuenche</i>
		Primera			Extensión	
50	PALEOGENO	Segunda		Segunda	<i>Orogenia Incaica</i>	
	Primera			Transtensión		
100	CRETACICO			Primera	Segunda	<i>Orogenia Peruana</i>
					Primera	Extensión
150	MESOZOICO	JURASICO		Primera	Extensión	Subsidencia termal
					Extensión	Subsidencia tectónica
200					Emersión de la cuenca	Extensión
					Subsidencia termal	Extensión
					Subsidencia tectónica	

Figura 2 Etapas y subetapas del Ciclo Tectónico Andino. Tomado de Charrier et al. 2009

La primera etapa del ciclo se desarrolló desde el Jurásico inferior tardío y se caracterizó por (1) la presencia de un arco magmático paralelo al margen, localizado en la actual Cordillera de la Costa, y (2) el desarrollo de una cuenca de trasarco hacia el este del arco. En esta etapa se registra un régimen tectónico extensivo con una importante actividad del arco magmático y dos ciclos de transgresión-regresión marina en el trasarco, registrado en los gruesos volúmenes de rocas sedimentarias, marinas y continentales, que conforman gran parte de la Cordillera Principal de Chile central. El final de esta etapa está marcado por un pulso

compresivo registrado en el Cretácico inferior tardío, que provocó la inversión de la cuenca y la deformación de los depósitos contenidos en ella.

La segunda etapa se desarrolló desde el Cretácico inferior tardío. Se caracterizó por la migración hacia el E del arco magmático, la formación de la cuenca de antepaís hacia el este de su nueva posición y el desarrollo del antearco hacia el W. A fines del Cretácico (~65 Ma) un pulso compresivo dio paso a la fase orogénica Incaica I (u orogenia 'K-T').

Las unidades depositadas en el Mesozoico fueron sometidas a deformación y erosión, por los pulsos compresivos ocurridos hasta este momento, generándose una inconformidad de escala regional.

Finalmente, un tercer pulso compresivo ocurrió durante el Eoceno, causado por un aumento en la tasa de convergencia de las placas Nazca y Sudamericana junto con una disminución en la oblicuidad de su movimiento relativo (Charrier et al. 2002, 2007). Esto dio paso a la fase orogénica Incaica II (o Incaica principal), marcando el fin de esta segunda etapa.

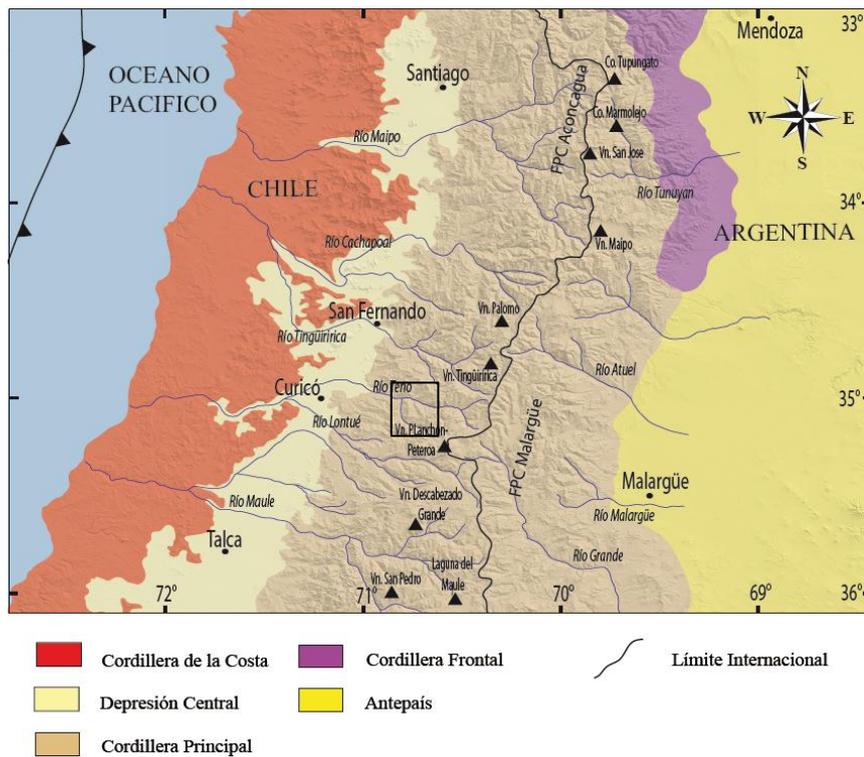
Las sucesiones acumuladas en las fases precedentes constituyeron el basamento donde posteriormente se formarían cuencas extensivas cenozoicas, que proveyeron el espacio para la acumulación de depósitos volcánicos y sedimentarios provenientes del arco activo.

En particular, desde el Eoceno medio, predominó el régimen tectónico extensivo bajo el cual se desarrolló la Cuenca de Abanico, extendiéndose entre los ~29° a los ~39° S (Charrier et al. 2005).

A partir del Mioceno temprano se produjo un nuevo pulso compresivo que dio lugar a la inversión parcial de la cuenca a través de las antiguas estructuras extensivas (Charrier et al., 1994; 1996; 2002; 2005; Godoy y Lara, 1994; Godoy et al, 1999). Simultáneamente con el proceso de inversión, se producía la depositación de unidades volcánicas Miocenas.

Nyström et al. (1993) presenta un estudio de isotopía de Sr-Nd en rocas volcánicas de edad cretácica a miocena, que muestra un progresivo cambio de la signatura geoquímica de las rocas, pasando desde un carácter toleítico, asociado con un adelgazamiento cortical, mientras que durante la subsiguiente etapa de inversión, el volcanismo pasa a ser de carácter calco-alcalino, producto de una corteza engrosada.

Las unidades morfoestructurales resultantes de la depositación en la cuenca, tanto durante su apertura como durante su inversión, constituyen los rasgos paleogeográficos preponderantes en los actuales Andes Centrales, presentándose una segmentación morfoestructural en franjas paralelas con orientación N-S al norte de los 33°S y NNE-SSW al sur de los 33°S, las cuales registran las sucesivas etapas de orogenia andina (Figura 3).



**Figura 3. Segmentación morfoestructural de la Cordillera de Los Andes en Chile central.** De oeste a este: Cordillera de la Costa, Depresión Central y Cordillera Principal. El recuadro marca la zona de estudio localizada en la Cordillera Principal.

## 7 Geología Local

Las secuencias estratificadas acumuladas en la etapa extensiva de la Cuenca de Abanico, y los depósitos generados durante la inversión de la cuenca, a partir del Mioceno temprano, dan lugar a la actual distribución de los afloramientos de las unidades cenozoicas, las cuales conforman gran parte de la Cordillera Principal oriental de Chile central.

Los afloramientos se disponen en dos franjas paralelas de orientación norte-sur donde aflora la Formación Abanico, separadas por una franja central de afloramientos correspondientes a depósitos sintectónicos que, al norte de la zona de estudio, han sido asignados a la Formación Farellones (Vergara et al. 1988).

La Formación Abanico fue definida por Aguirre (1960), mientras que Klohn (1960) definió su equivalente a la latitud de Rancagua, como Formación Coya-Machalí. En el presente trabajo se adopta la nomenclatura de Drake *et al.* (1982), quien plantea la equivalencia de ambas formaciones, al igual que diversos autores, utilizando el nombre Formación Abanico para referirse a estas unidades.

La Formación Abanico se extiende desde los  $\sim 29^\circ$  a los  $\sim 39^\circ$  S (Charrier et al. 2005) con una extensión de 70 a 80 Km en dirección E-W (Fock, 2005) y se compone principalmente de lavas basálticas y andesíticas que se intercalan con depósitos volcanoclásticos resultantes del retrabajo de estas. Los espesores máximos estimados para esta formación son entre 2.000 y 3.600 m (Aguirre, 1960; Klohn, 1960; Wall *et al.*, 1999; Sellés y Gana, 2001; Charrier, 1981; Fock, 2005).

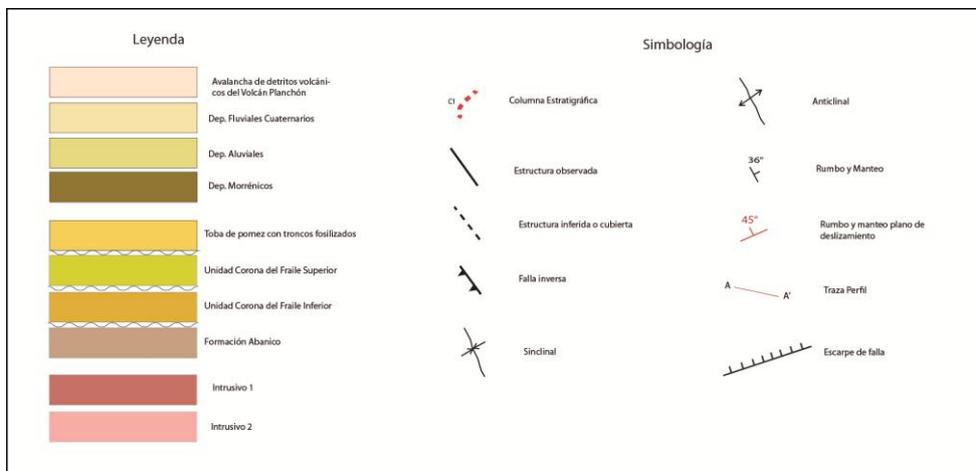
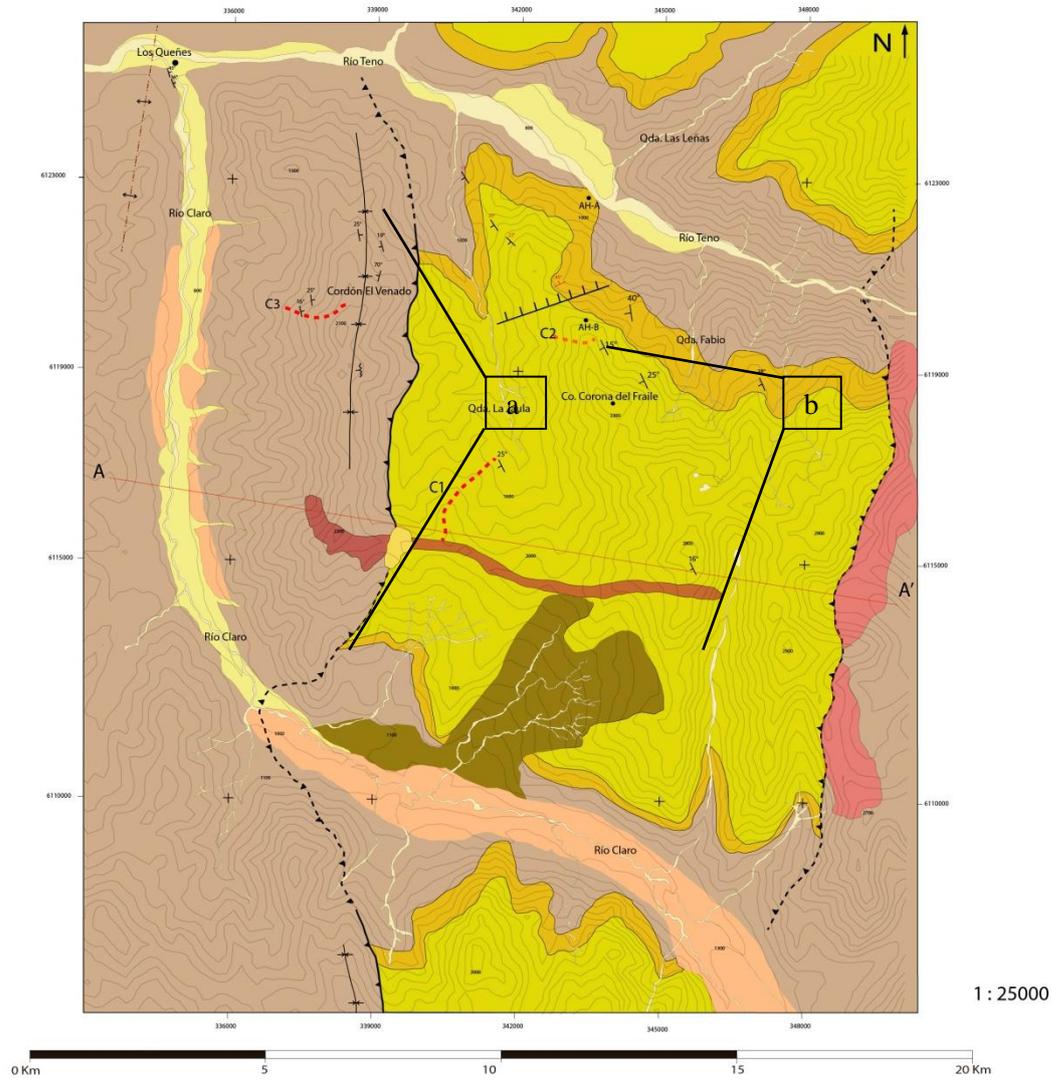
El borde oriental de la Formación Abanico se encuentra en contacto tectónico con las rocas mesozoicas (Godoy et al., 1999; Piquer et al., 2010, Farías et al., 2010). En particular, la falla El Fierro ha sido interpretada como el límite estructural oriental que habría permitido tanto la apertura de la cuenca en la etapa extensional, como su inversión a partir del Mioceno en esta región.

La Formación Farellones ha sido descrita por diversos autores como una sucesión esencialmente volcánica que presenta una escasa a nula deformación en comparación con la subyacente Formación Abanico. Los máximos espesores alcanzan los 2400 m y se componen de lavas andesíticas a riolíticas, depósitos volcanoclásticos y piroclásticos suavemente plegados, presentes aproximadamente desde  $32^\circ$  S, sin haberse descrito al sur de los  $34^\circ 45'$  S (Charrier 2005). Los afloramientos se disponen en una franja de orientación N-S flanqueada al E y al W por los de la Formación Abanico (Vergara *et al.*, 1988). Esta unidad tendría su origen en una

actividad magmática propia de una corteza que progresivamente aumentaba su espesor, dando paso a depósitos volcánicos sintectónicos bajo un régimen de stress compresivo, lo cual se refleja en su afinidad calco-alcalina (Nyström et al., 1993)

El contacto entre la Formación Abanico y la Formación Farellones varía desde concordante en algunas regiones a discordante en otras, dependiendo del grado de deformación de la unidad subyacente (Formación Abanico) (Charrier *et al.*, 2002). La edad del contacto disminuye progresivamente hacia el sur, debido a que el proceso de inversión habría comenzado antes en la zona norte, posteriormente propagándose hacia la zona sur. (Charrier *et al.*, 2005).

## 8 Estratigrafía



**Figura 4. Mapa Geológico de la zona de estudio.** Escala 1:25000. Se indica, con línea punteada roja, la ubicación de las columnas estratigráficas: C1, C2 y C3. Para mayor detalle, ver mapa adjunto al documento. a: Cordón El Venado b: Cerro Corona del Fraile

## 8.1 Introducción

A partir de las descripciones realizadas en este estudio se pueden establecer tres grupos litológicos principales: (1) amplios afloramientos de rocas volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias continentales en la zona occidental de estudio asignadas a la Formación Abanico (Eoceno-Oligoceno), (2) afloramientos muy restringidos de facies lacustres de edad miocena interpretadas como depósitos producto del retrabajo de la Fm. Abanico (fondo del valle del Río Teno) y (3) una potente sucesión de depósitos volcánicos, esencialmente piroclásticos, asignados a la Unidad Corona del Fraile (CDF). Se confeccionaron tres columnas estratigráficas representativas de la litología de la zona.

Las sucesiones estratificadas se encuentran intruidas por un único dique que aflora por cerca de 8 km con orientación E-W, un espesor aproximado de 150 m y disposición subvertical, en el área centro-sur de la zona de estudio (Ver capítulo Rocas Intrusivas).

Gran parte del área estudiada se encuentra cubierta por una densa vegetación boscosa que se extiende hasta una altitud promedio de 1400 m s.n.m. llegando en algunos casos a superar los 1800 m s.n.m., lo que restringe las observaciones de detalle a las áreas de mayor altitud de la zona de estudio. Es así como la columna estratigráfica C3 tiene por base los 1587 m s.n.m. medidos en la ladera sur del Cordón El Venado (35° 2'40.64"S, 70°46'47.25"O), mientras la base de la columna C1 se encuentra en los 1568 m.s.n.m. (35° 4'38.40"S, 70°44'9.62"O) y finalmente la de la columna C2 es de 1610 m s.n.m. (35° 3'13.42"S, 70°43'28.53"O).

Los depósitos más recientes se encuentran en los fondos de las quebradas y corresponden a diferentes tipos de unidades morfoestratigráficas de baja consolidación: en los fondos de las quebradas del Río Teno y del Río Claro y en sus principales esteros tributarios, aparecen depósitos fluviales actuales y terrazas fluviales. Se componen de arena, grava y clastos redondeados desde tamaño centimétrico hasta bloque, en general de carácter polimíctico. Se observan barras longitudinales y laterales, en algunos casos con imbricación de clastos.

A lo largo de la cuenca del Río Claro se encuentran depósitos correspondientes a la avalancha de detritos volcánicos del Volcán Planchón (Pleistoceno superior). Estos depósitos se caracterizan por presentar bloques y megabloques de andesita en una matriz de grano fino en las zonas más proximales, dando paso a facies de clastos centimétricos en las zonas más distales.

En la ladera sur de la Qda. La Jaula, se aprecia un depósito morrénico que descarga en la ribera norte del Río Claro. Este depósito se puede asociar al grupo de glaciares que actualmente cubre parte del edificio volcánico del Volcán Planchón, principalmente hacia su ladera S y W

## 8.2 Unidades Litoestratigráficas

### 8.2.1 Unidad Corona del Fraile:

Localizadas en la zona central y oriental del área de estudio, las unidades estratificadas que componen el cerro Corona del Fraile corresponden a una potente secuencia de depósitos volcánicos que abarcan cerca de 900 m de espesor hasta su techo, que corresponde a la actual superficie de erosión.

González y Vergara (1962) las describen como un: “conjunto de sedimentitas clásticas y volcanitas que poseen su mayor desarrollo en el área de los cerros situados al oriente de Los Queñes, entre los ríos Teno y Claro”.

Litológicamente, corresponden a una secuencia concordante de depósitos volcánicos, primariamente piroclásticos, (toba y brecha volcánica) con intercalaciones de menor espesor de rocas efusivas andesíticas. Los estratos se disponen con rumbo **N75°W** y manteo entre **15°** y **25° SW**. No se observan variaciones laterales en el espesor de los estratos.

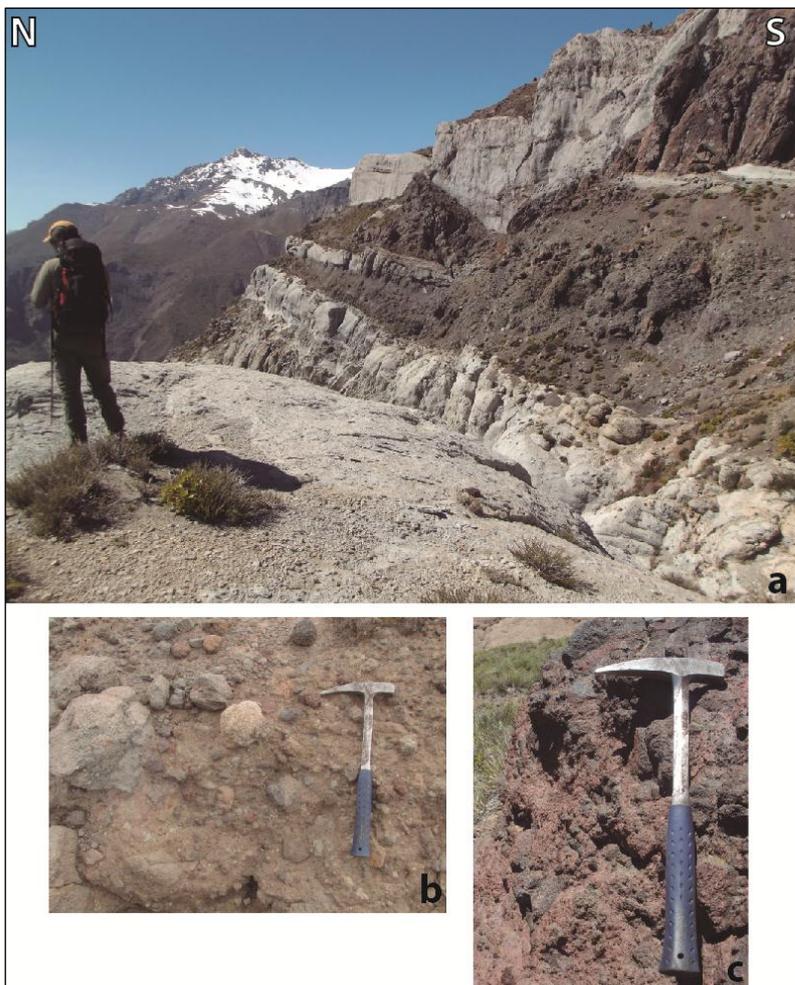
Los estratos inferiores afloran en el cerro homónimo, mientras que los estratos superiores aparecen en la parte alta de la quebrada La Jaula, de manera que el techo de la Columna C2 se correlaciona con la base de la Columna C1 (Figura 7). De base a techo aumenta progresivamente la cantidad y el tamaño de los clastos, pasando de una predominancia de toba cristalina y vítrea en la base, a toba lítica y brecha volcánica hacia el techo de la columna.

Esta secuencia presenta dos tipos de contacto con los estratos de la Formación Abanico: en la Quebrada la Jaula y en el Cerro Corona del Fraile corresponde a una discordancia angular, mientras que en la cara E del Cordón El Venado, el contacto es de carácter tectónico.

En discordancia sobre el techo de esta unidad, aparece un afloramiento muy restringido correspondiente a un estrato de ~35 m de espesor de toba de pómez que se dispone de manera horizontal sobre el techo de la Unidad Corona del Fraile y que se interpreta como el evento depositacional más reciente. Este se presenta bien consolidado y con poca alteración. Se destaca la presencia de troncos fosilizados, en algunos casos en posición de vida, cuyos diámetros varían entre 5 y 20 cm (Figura 5). Por su relación estratigráfica discordante, se interpreta que este estrato no tendría un origen depositacional común con la subyacente Unidad Corona del Fraile.



**Figura 5. Miembro superior de la unidad Corona del Fraile.** a. Sobre la línea punteada se observa el estrato de toba de pómez en discordancia con la superficie erodada de la unidad Corona del Fraile. Notar el hombre a caballo como escala (abajo izquierda). b. Tronco fosilizado encontrado en el estrato superior. c. Detalle de la litología del estrato superior. Se destaca la presencia de fragmentos centimétricos de pómez.



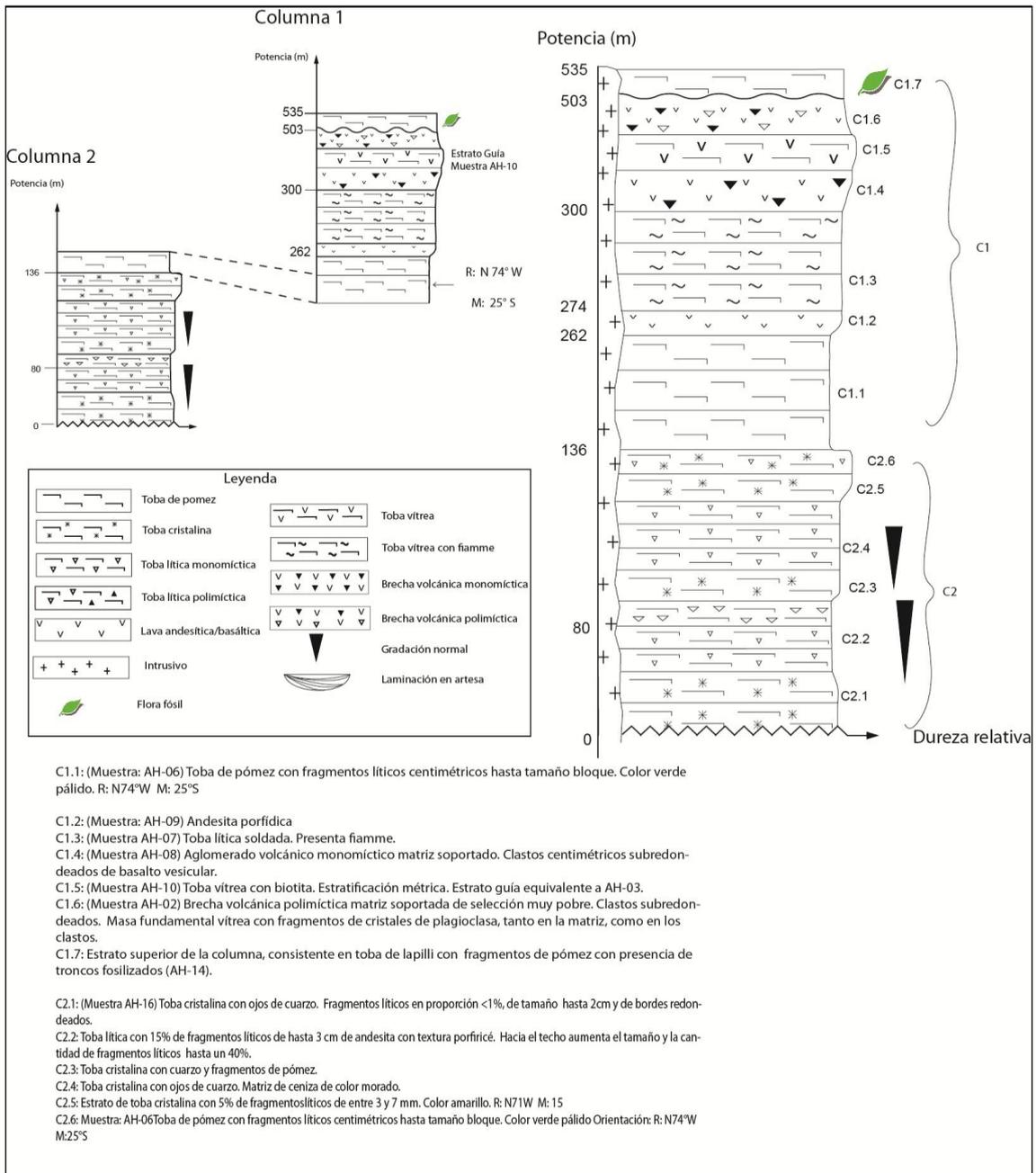
**Figura 6 Miembro inferior y medio de la unidad Corona del Fraile.** a: Secuencia concordante de estratos de toba cristalina, toba vítrea y toba lítica. b y c: Afloramientos pertenecientes al miembro medio de la unidad. Destaca un aumento en la cantidad y el tamaño de los clastos volcánicos hacia el techo de la unidad.

## **Columnas C1 y C2**

Para esta unidad se confeccionaron dos columnas estratigráficas: la primera en la zona alta de la quebrada La Jaula (Columna C1) donde predominan tobas líticas y brechas volcánicas y la segunda en la ladera W del cerro Corona del Fraile (Columna C2) que abarca los afloramientos de menor altitud, donde predominan estratos de toba cristalina, toba vítrea y toba lítica. Los estratos se presentan concordantes entre sí y sus espesores laterales son constantes.

De base a techo aumenta la cantidad y el tamaño de los fragmentos líticos, los cuales corresponden a fragmentos subredondeados de andesita.

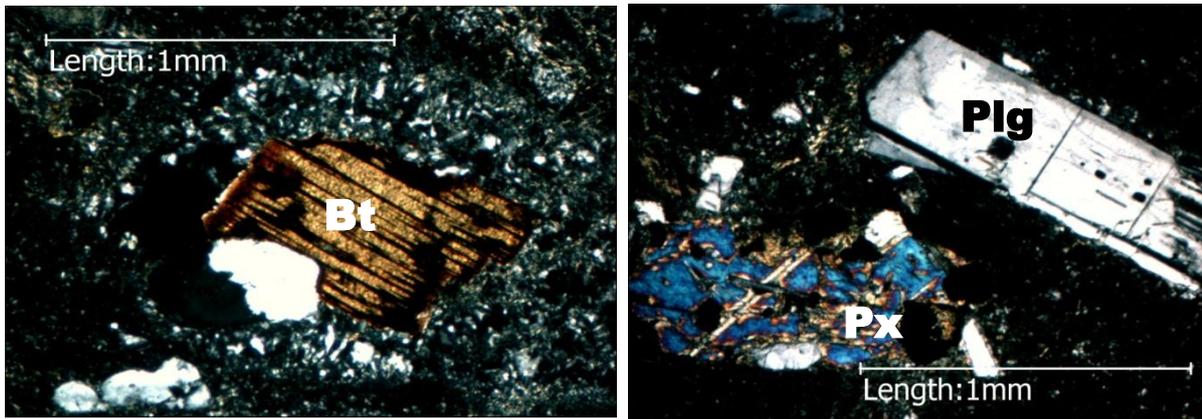
En conjunto abarcan ~535 m de potencia, lo cual no representa el total de la unidad, ya que existen zonas de difícil acceso o cubiertas por densa vegetación, donde no se obtuvo registro estratigráfico. Sin embargo, al hacer un reconocimiento por fotointerpretación, se observa la continuidad de los afloramientos, por lo cual estas columnas se consideran representativas de la estratigrafía de la zona.



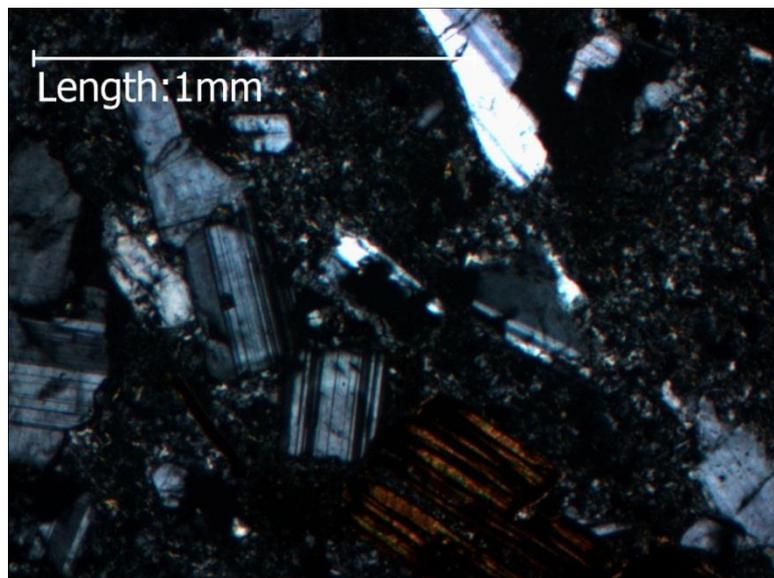
**Figura 7. Correlación de columnas estratigráficas de la Unidad Corona del Fraile.**

El techo de la Columna 2 se correlaciona con la base de la Columna 1. El techo de la columna corresponde a la actual superficie de erosión.

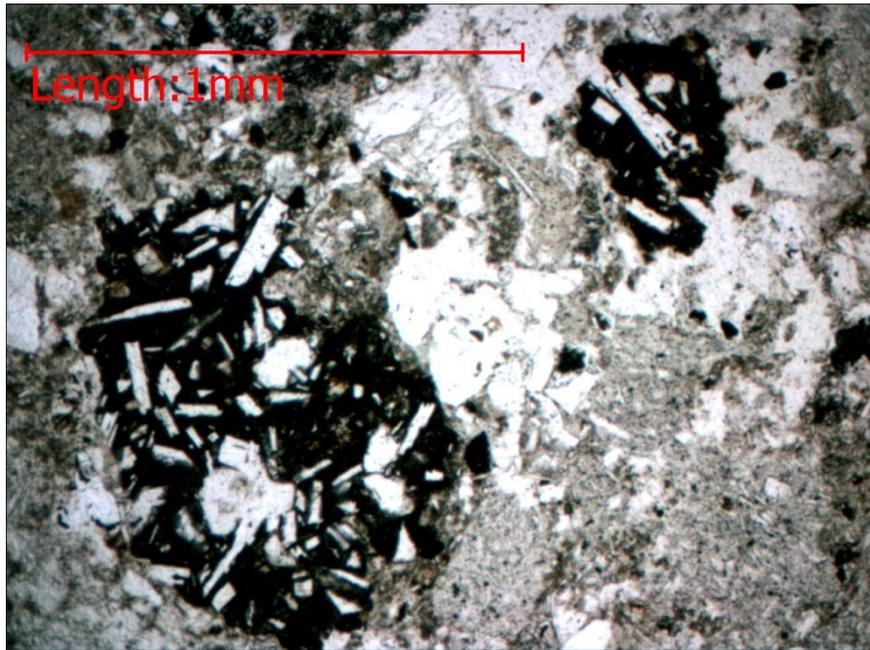
Las muestras tomadas en terreno, representativas de la litología de esta unidad, fueron preparadas para su análisis petrográfico en el taller de corte del Departamento de Geología de la Universidad de Chile.



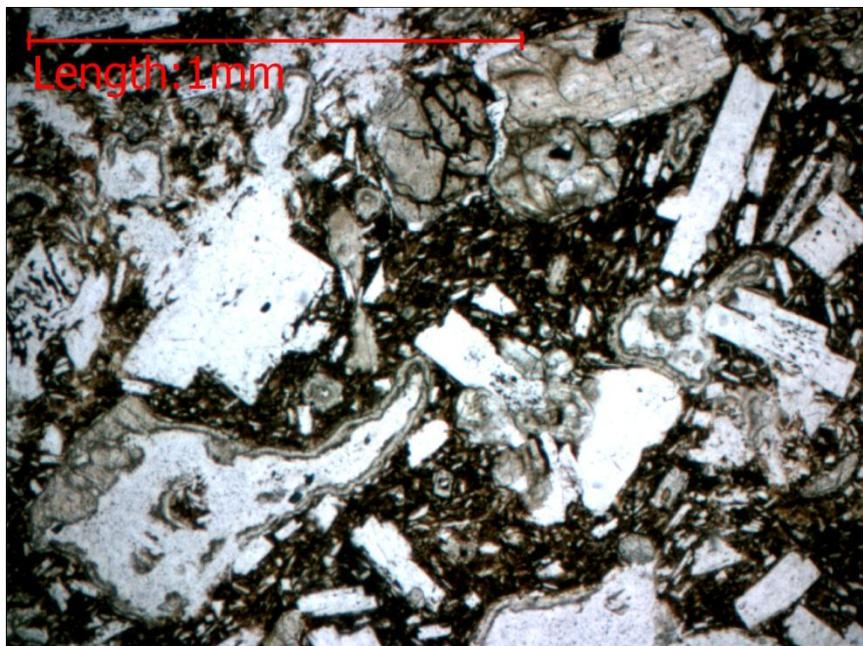
**Figura 8 Cortes transparentes muestra AH-10.** Corresponde a una toba cristalina compuesta por una matriz de ceniza y fenocristales de Plg. de ~1mm (40%), fenocristales de piroxeno de ~0.8mm (5%), y fenocristales de biotita de ~0.8mm (2%), minerales opacos (2%). La masa fundamental se presenta alterada a minerales de arcilla y óxidos de Fe. Ocular 5X a nicoles cruzados. Tomada en (35°04'53.6'', 70°44'43.51'').



**Figura 9. Corte transparente de la muestra AH-3:** Toba cristalina compuesta por una matriz vítrea homogénea (75%), vesículas vítreas (5%), fenocristales de plagioclasa, (en mayor parte fracturadas), de entre 0.3 y 3 mm (10%), cristales de piroxeno de tamaño <0.5 mm con baja estructuralidad y baja integridad (<5%), cristales de biotita de hasta 0.6 mm con alteración de óxidos de Fe en sus bordes (2%) y minerales opacos diseminados (<2%).



**Figura 10** Corte transparente de la muestra AH-13 ( $35^{\circ} 05' 28,33''$ ;  $70^{\circ} 45' 04,84''$ ) (N//): Toba lítica polimíctica. Presenta clastos inmaduros de andesita/basalto milimétricos con selección pobre. Contiene fragmentos de cristales de plagioclasa  $<1$  mm, de estructuralidad baja e integridad alta. La masa fundamental es vítrea. Razón matriz/fragmentos : 60/40



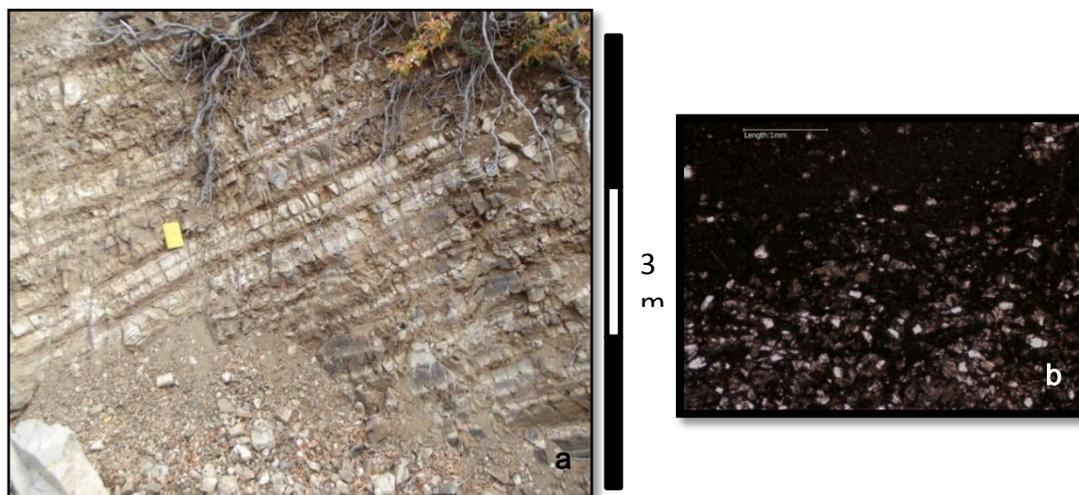
**Figura 11** Corte transparente de la muestra AH-12 ( $35^{\circ} 05' 29,9''$ ;  $70^{\circ} 44' 49,14''$ ) (N//): Toba lítica. Textura vitrofírica con vesículas, fragmentos inmaduros de andesita/basalto y cristales fracturados de plagioclasa de tamaños variando entre 0.1 a 1mm. Corresponde a una muestra representativa de la mitad superior de la columna estratigráfica.

### 8.3 Formación Abanico (Aguirre, 1960)

La Formación Abanico constituye gran parte de los afloramientos en la Cordillera Principal de Chile Central. En términos generales, se compone de depósitos volcánicos andesíticos a riolíticos, depósitos volcanoclásticos e intercalaciones fluviales, aluviales y lacustres que en conjunto presentan espesores de ~2500 a 3000 m (Charrier et al. 2002).

González y Vergara (1962) describen la Formación Abanico, en la zona de estudio, como un “conjunto de volcanitas, depósitos piroclásticos y lavas de carácter porfírico con intercalación de sedimentitas clásticas continentales”.

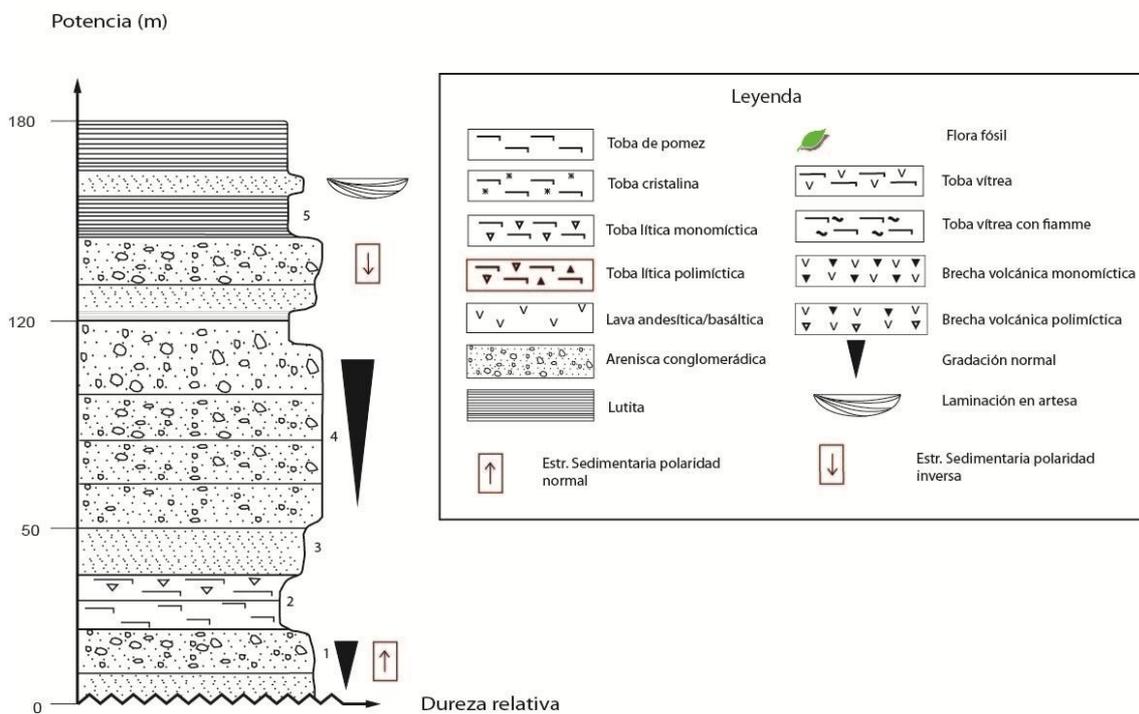
La litología observada en el Cordón El Venado (zona W del área de estudio) está compuesta por una sucesión de estratos sedimentarios continentales que incluyen arenisca media, arenisca fina monomítica, arenisca conglomerádica con clastos volcánicos subredondeados centimétricos y fangolita. Estas últimas presentan laminación decimétrica y se encuentran intercaladas con arenisca fina monomítica de buena selección (Figura 12). Si bien existe un predominio de rocas sedimentarias, hacia la base de la unidad se presenta un estrato métrico correspondiente a una toba lítica.



**Figura 12** Fotografía de afloramiento en el Cordón El Venado. a. Facies sedimentarias perteneciente al miembro superior de la Formación Abanico, correspondiente a una intercalación decimétrica de arenisca y lutita. b. Corte transparente de la muestra AH-01 donde se observa buena selección y composición monomítica.

### Columna C3

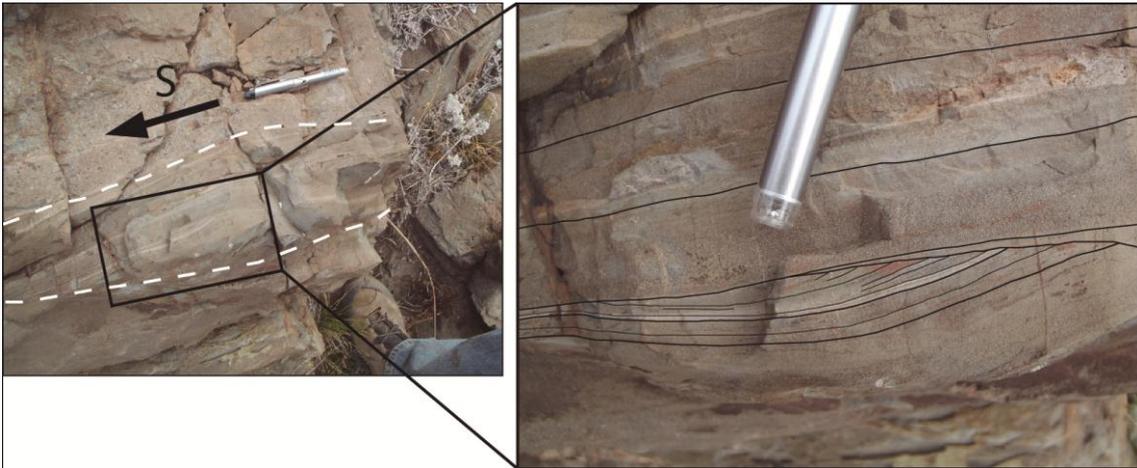
Para esta unidad se confeccionó una columna estratigráfica C3 (Figura 13) cuya base se encuentra en la ladera occidental del Cordón El Venado, pasando por el portezuelo de Agua Fría (35° 02'S, 70° 46'W) hacia la ladera oriental, donde se encuentra el techo de la columna. Corresponde a facies sedimentarias continentales. Predominan areniscas conglomerádicas hacia la base, mientras que hacia el techo se presentan estratos de lutita, indicando un ambiente depositacional continental fluvial y lacustre.



**Figura 13 Columna estratigráfica del miembro superior de la Formación Abanico (C3).**

**C3.1:** Estrato de 25 m de espesor, correspondiente a arenisca fina a media y arenisca conglomerádica granocreciente, con fragmentos redondeados de andesita de hasta 10 cm. Laminación centimétrica. R: N43WM: 16.5° E **C3.2:** Toba lítica matriz soportada. **C3.3:** Nivel de 3 m de arenisca muy gruesa de selección buena, matriz soportada. **C3.4:** Nivel de conglomerados de mala selección con clastos maduros de andesita. **C3.5:** Intercalación de lutita con arenisca fina monomíctica, se presenta en laminación plana decimétrica. (Muestra AHC-1) R: N15°W M: 25°E

Las estructuras sedimentarias presentes en la secuencia descrita, indican polaridad normal en la ladera W del Cordón El Venado, correspondiente a la base de la columna, mientras que en la ladera E se encuentran estructuras de laminación en artesas de polaridad inversa en areniscas (Figura 14). Esta secuencia se encuentra fuertemente deformada en su tramo superior, donde se puede observar el núcleo de un pliegue sinclinal coincidente con la línea de cumbres del Cordón El Venado (Figura 15)



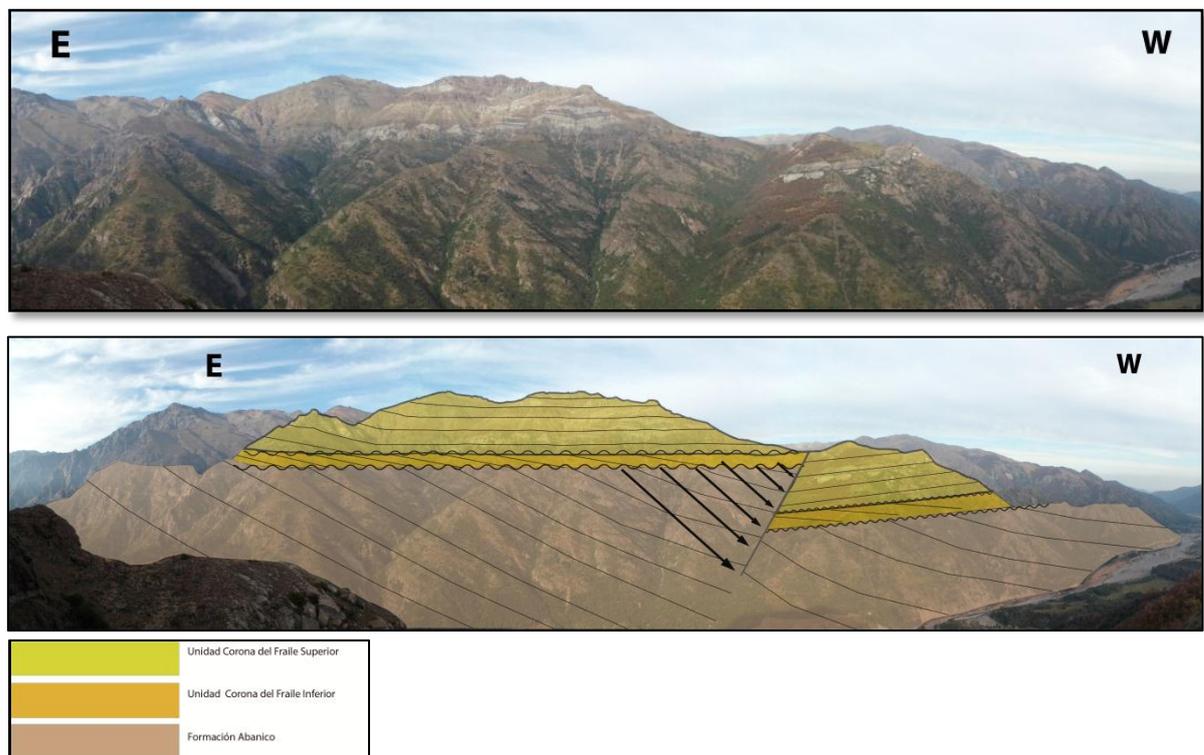
**Figura 14** Fotografía de afloramiento en el Cordón El Venado. Afloramientos pertenecientes al miembro superior de la Formación Abanico. Laminación en artesas encontrada en el limbo E del sinclinal.



**Figura 15** Pliegue apretado en la línea de cumbres del Cordón El Venado

Se midieron manteos entre **16** y **25° E** en la ladera W, mientras que los estratos de la parte media de la columna se presentan subverticales y con fuertes variaciones de dirección de manteo en escasos metros de afloramiento. Finalmente, hacia el techo de la unidad, la dirección de manteo es opuesta a la de la base (**N44E, 70° W** medidos en **35° 02'S, 70°45'W**) para luego presentarse subverticales y fuertemente deformados en la línea de cumbres.

Desde la quebrada Las Leñas ubicada inmediatamente al norte del Río Teno ( $35^{\circ} 1'26''S$ ,  $70^{\circ}41'34''O$ ), se tiene una vista panorámica hacia el sur, que permite identificar la discordancia angular que pone en contacto la Formación Abanico con la unidad Corona del Fraile. Se puede observar el estrato guía de toba gris, ubicado inmediatamente sobre la discordancia angular, desplazado en dirección NW una distancia vertical aproximada de 300 m por un deslizamiento de bloque que afecta la parte norte del cerro Corona del Fraile (Figura 16).

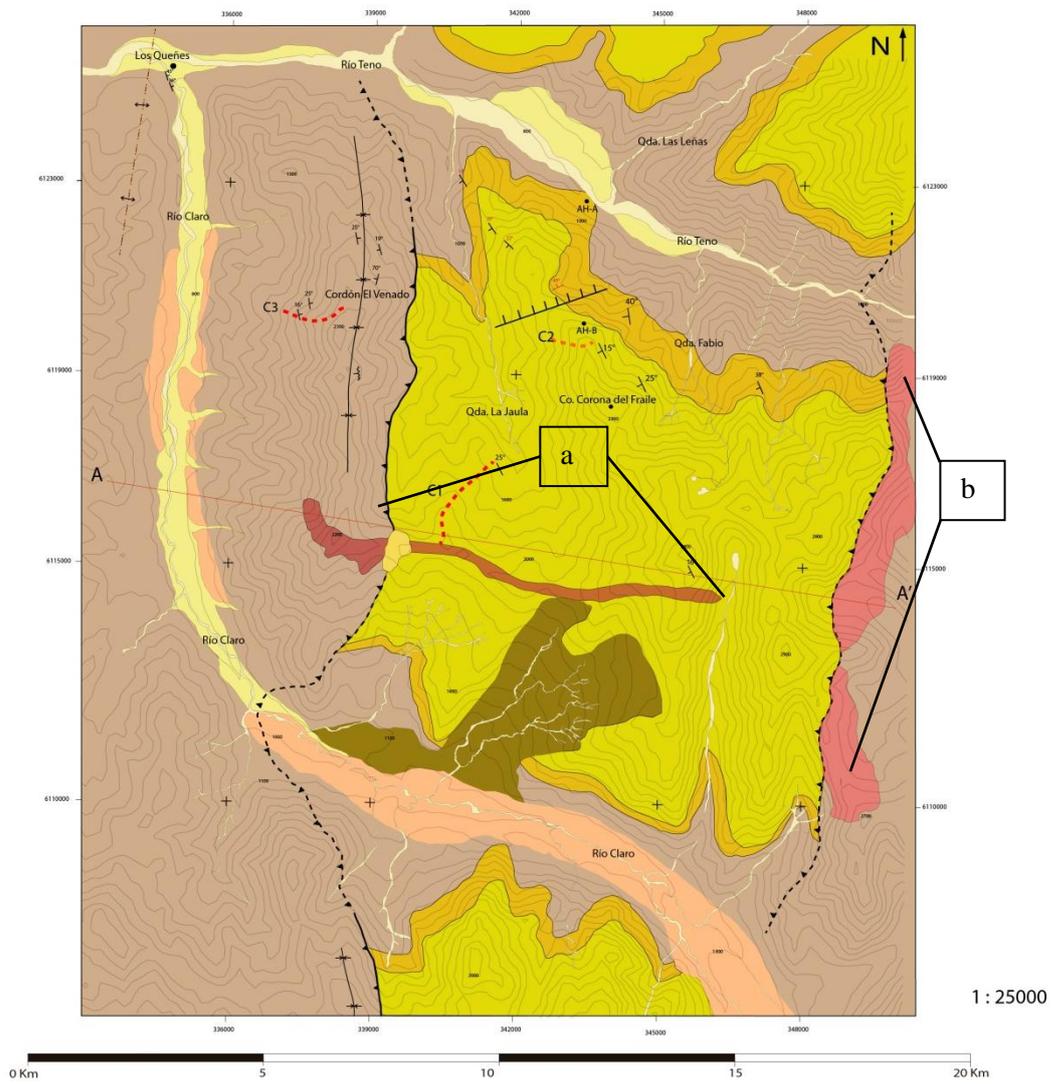


**Figura 16 Vista hacia el S de la unidad Corona del Fraile.** Se muestra la discordancia angular sobre los estratos de la Formación Abanico. Ambas unidades se ven afectadas por una remoción en masa correspondiente a un deslizamiento de bloque en dirección NW.

## 9 Rocas Intrusivas

La actividad plutónica durante el Neógeno en Chile central se aloja principalmente en rocas de la Formación Abanico y es contemporánea con la depositación de la Formación Farellones. En general, los plutones se disponen formando alineaciones discontinuas de orientación aproximadamente paralela a la cadena andina y de edad decreciente hacia el este (Aguirre, 1960; González y Vergara, 1962; Kurtz *et al.*, 1997).

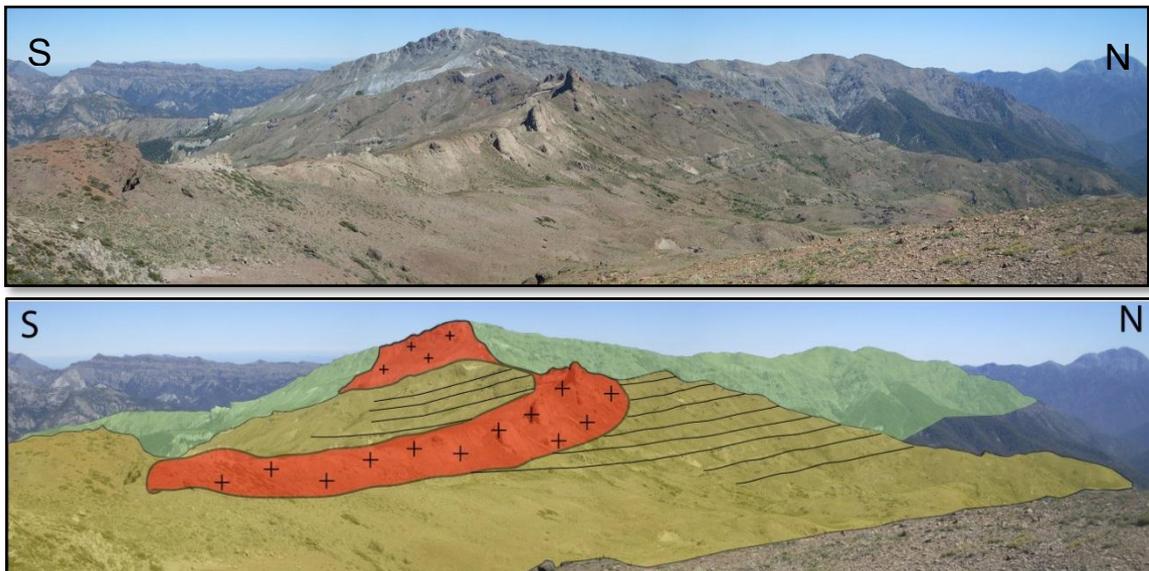
En la zona de estudio se encuentran dos cuerpos intrusivos de diferente composición y que además contrastan en su modo de emplazamiento. El primero de ellos (Intrusivo Hipabisal) corresponde a un dique que se emplaza en disposición subvertical, cuyos afloramientos se encuentran alineados de este a oeste intruyendo a la secuencia completa de unidades estratificadas cenozoicas de la zona (Figura 17a y 18), mientras que el segundo corresponde a un cuerpo cristalino (Granodiorita de Hornblenda y Biotita), que aflora en una franja de orientación N-S asociado con la geometría de la falla localizada en el extremo oriental de la zona de estudio, (Figura 17 b).



**Figura 17** Mapa geológico destacando las rocas intrusivas. a. Dique máfico de orientación E-W. b. Franja de intrusivos de orientación N-S compuesta por granodiorita de hornblenda y biotita.

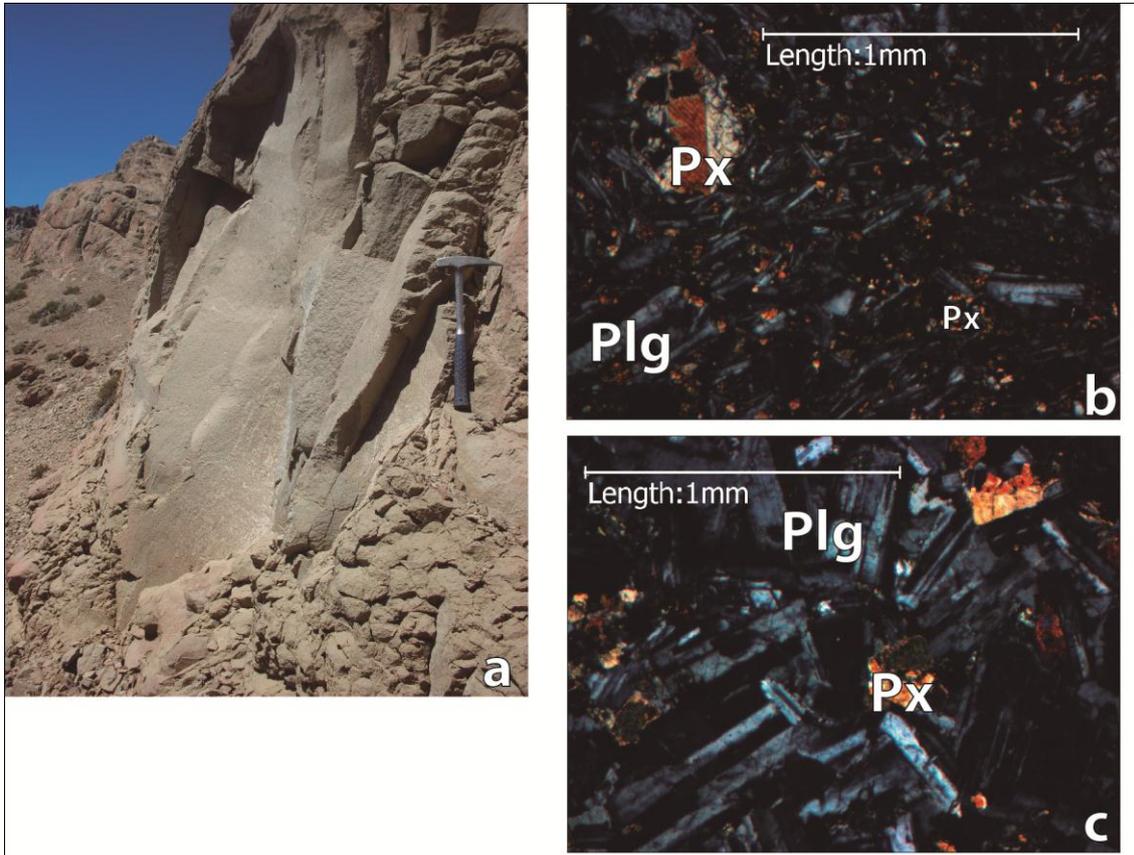
## 9.1 Intrusivo Hipabisal

Las unidades estratificadas se presentan intruidas por un dique de composición máfica que aflora de manera continua por cerca de 8 km en dirección E-W, y que presenta un espesor de hasta 150 m. La edad de las rocas afectadas por el dique permite afirmar que la intrusión ocurrió con posterioridad al Mioceno inferior, que es la edad del depósito afectado por este. Este cuerpo presenta una mayor resistencia a los procesos de meteorización y erosión respecto a las unidades que intruye, por lo que sus afloramientos forman un notorio alto topográfico (Figura 18).



**Figura 18** Fotografía del intrusivo de la zona W. Se dispone en orientación aproximadamente E-W, intruyendo a ambas unidades estratificadas. Presenta afloramientos con relativamente escasa meteorización formando un alto topográfico.

Litológicamente corresponde a una roca holocristalina compuesta por una masa microporfírica, de cristales de plagioclasa de 0,2 mm y fenocristales de plagioclasa de hasta 1 mm. Contiene cristales de piroxeno menores a 0,3 mm insertos en la matriz y fenocristales de piroxeno de hasta 0,5 mm (Figura 19).



**Figura 19. a. Detalle de afloramiento del dique. b y c:** Fotografías de cortes transparentes donde se observa una mineralogía predominante de plagioclasa y piroxeno.

## 9.2 Granodiorita de Hornblenda y Biotita

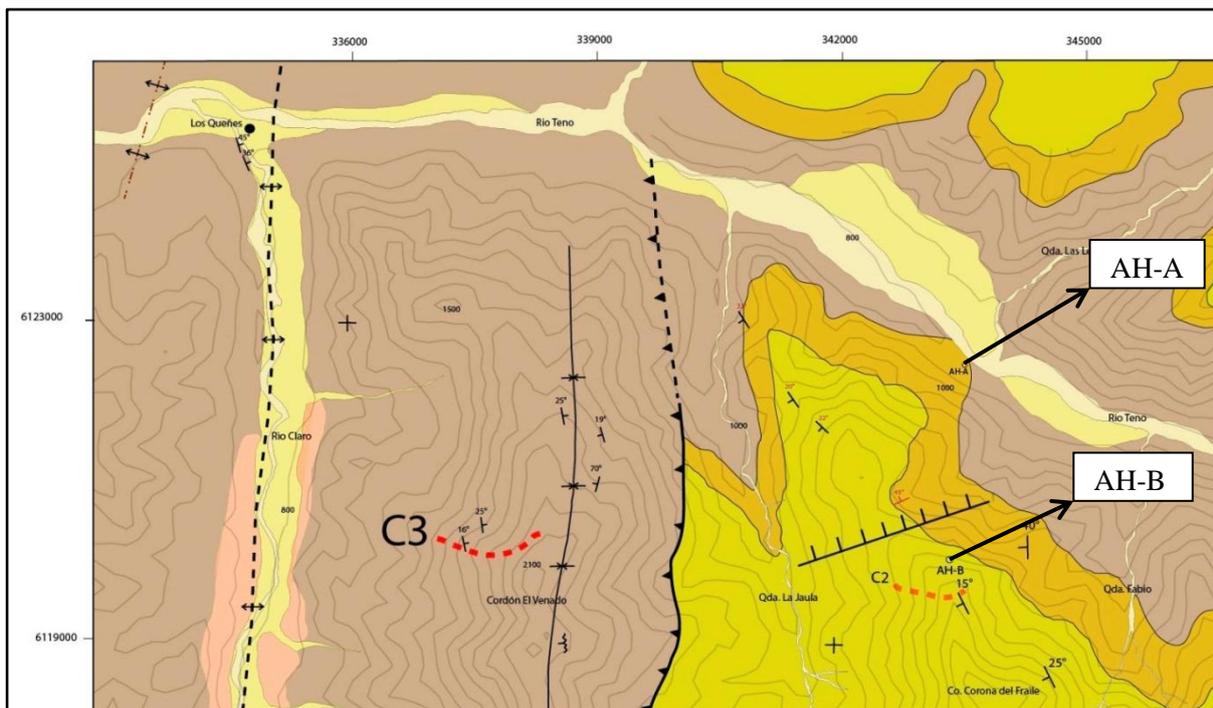
Piquer et al. (2010) describe franjas de cuerpos intrusivos emplazados preferentemente a lo largo del sistema de fallas Infiernillo- Los Cipreses, de orientación aproximada N-S (descrito en el capítulo siguiente). La similitud litológica con las rocas encontradas en el extremo E de la zona de estudio (Figura 17 b) permite asociarlo con la Granodiorita de  $7.8 \pm 0.4$  Ma descrita por este autor. La roca caja para esta unidad corresponde a rocas de la Formación Abanico.

## 10 Edades

Con el fin de establecer la cronología de deposición de las secuencias estudiadas, se analizaron muestras pertenecientes a dos unidades litológicas a través de dataciones radiométricas por el método U-Pb en circones detríticos. Las muestras AH-A y AH-B fueron recolectadas en la campaña de terreno durante septiembre de 2013. La muestra AH-A se extrajo de un reducido afloramiento de facies lacustres en la base del miembro inferior de la Unidad Corona del Fraile, localizado en el fondo de la quebrada del Río Teno y corresponde a una arenisca de grano fino a medio.

La muestra AH-B corresponde a una toba cristalina extraída de la secuencia piroclástica que compone el cerro Corona del Fraile. En la Figura 20 se muestra la localización de las muestras en la zona de estudio.

La obtención de los circones a partir de las muestras recolectadas se realizó en el Laboratorio del Separación de Minerales del Departamento de Geología de la Universidad de Chile. Todas las dataciones U-Pb en circón fueron realizadas por el Sr. Luigi Solari en el Laboratorio de Estudios Isotópicos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los datos obtenidos fueron utilizados para la interpretación de los eventos tectónicos que se detallan en el capítulo “Discusiones”.



**Figura 20 Localización de las muestras AH-A y AH-B.** Recorte del mapa geológico mostrando la ubicación de las muestras tomadas para dataciones radiométricas en el extremo noroccidental del área de estudio: AH-A ( $35^{\circ} 1'45.15''S$ ,  $70^{\circ}42'41.40''O$ ) y AH-B ( $35^{\circ} 2'53.44''S$ ,  $70^{\circ}43'3.60''O$ ).

Los datos obtenidos del grupo de circones detríticos analizados se presentan graficando la edad (Ma) en función del número de circones datados. Esto permite identificar familias de circones que presentan rangos de edad reconocibles.

### 10.1 Muestra AH-A:

Arenisca media perteneciente a facies lacustres del miembro inferior de la Unidad Corona del Fraile. La muestra fue colectada en el fondo de la quebrada del Río Teno (Figura 20).

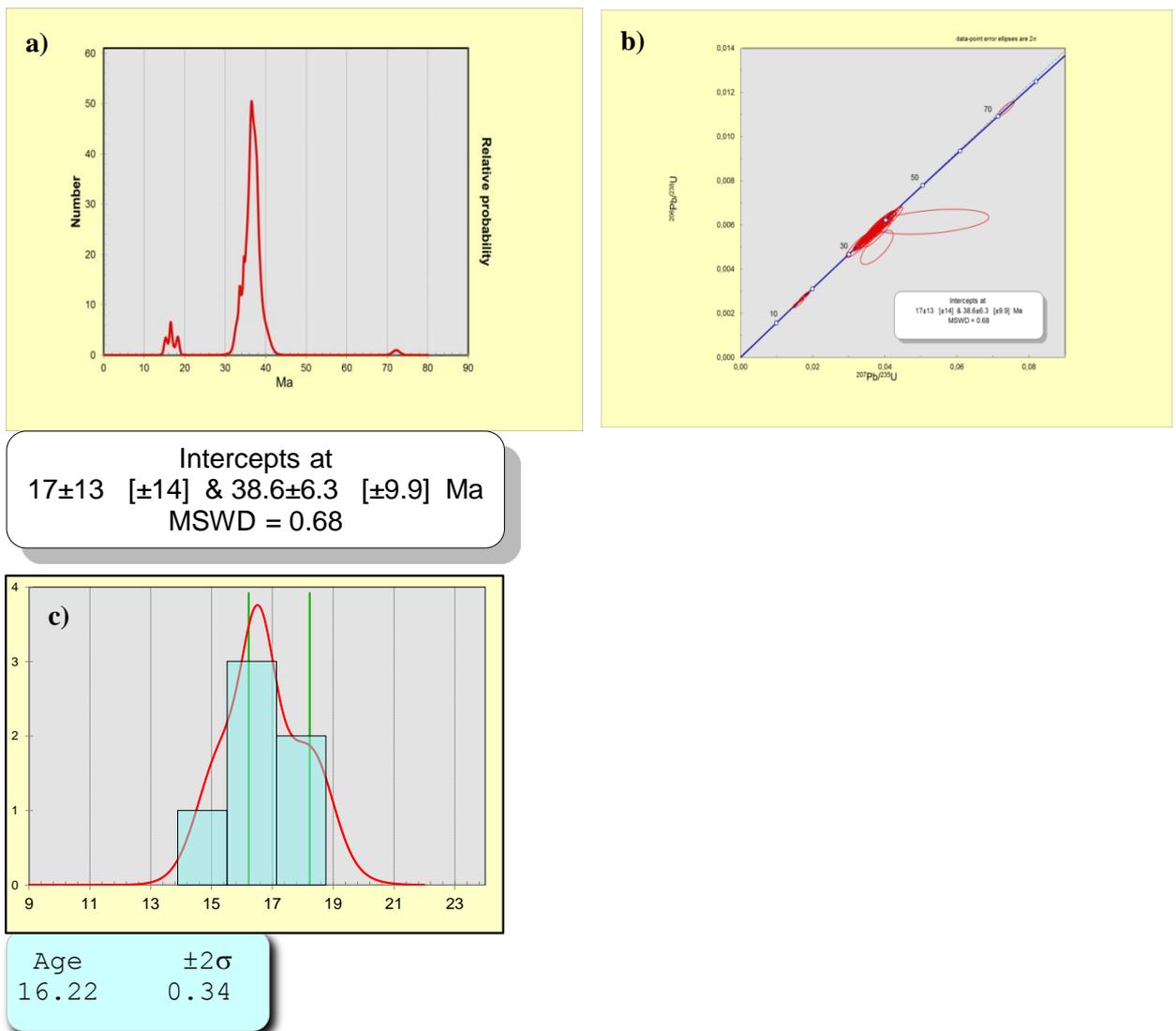


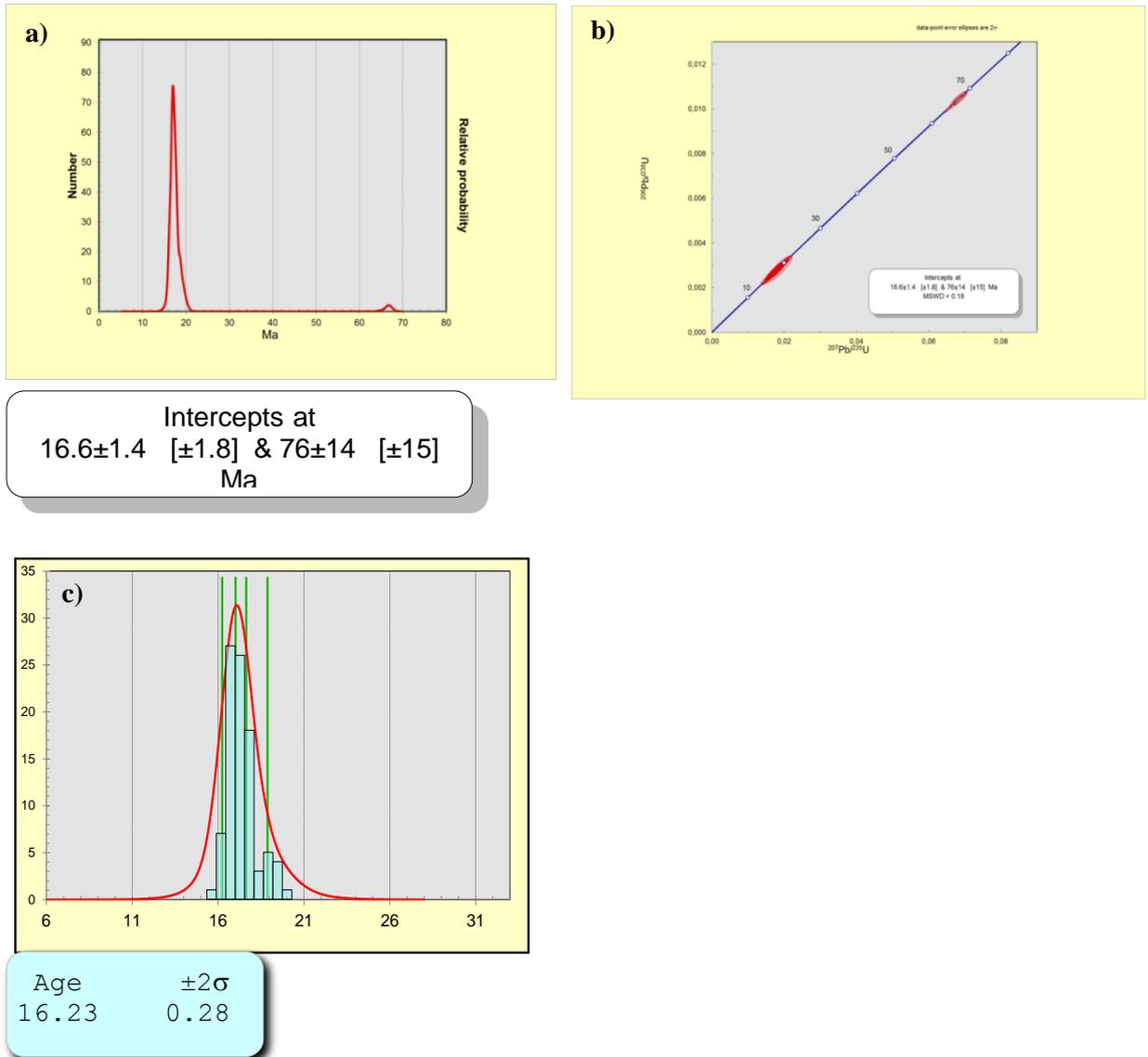
Figura 21. Gráficos de las edades para la muestra AH-A (a) Gráfico de distribución de edades. (b) Gráfico de concordia (c) Histograma con edades recalculadas para la familia de circones más reciente.

## **Interpretación**

El gráfico de edades para la muestra AH-A (Figura 21 a) muestra tres familias de edades. Cada una de ellas refleja un proceso de depositación en un momento distinto: el mayor número de circones presenta edades de entre 30 y 40 Ma. Estos reflejan la edad de depositación de unidades acumuladas durante la etapa extensiva del desarrollo de la Cuenca de Abanico en el Eoceno superior-Oligoceno. Las rocas pertenecientes a esta unidad fueron posteriormente retrabajadas y depositadas nuevamente, lo cual se refleja en la familia de circones de >15 y <21 Ma, siendo la familia más joven reconocida. Este grupo marca la edad máxima de depositación de las facies lacustres estudiadas, en el Mioceno inferior. Los circones que presentan edades entre 70 y 75 Ma (<5 unidades) habrían sido heredados de la fase orogénica anterior a la depositación en la Cuenca de Abanico, posiblemente correspondientes a la Formación Lo Valle (Cretácico superior).

## 10.2 Muestra AH-B

Toba cristalina perteneciente al miembro superior de la Unidad Corona del Fraile.



**Figura 22 Gráficos de las edades para la muestra AH-B**

(a) Gráfico de distribución de edades. (b) Gráfico de concordia para la muestra AH-B (c) Histograma de edades recalculadas para la familia de circones más reciente.

### Interpretación

A diferencia de la muestra AH-A, esta presenta solo una gran familia de edades en el rango  $>15$  y  $<21$  Ma, siendo la familia más joven detectada en este análisis. Este grupo marca la edad máxima de depositación de la unidad volcánica muestreada, en el Mioceno inferior.

Se observa una familia compuesta por tres circones de edad Cretácico Superior, que posiblemente hayan sido heredados de la fase tectónica precedente.

# 11 Geología Estructural

De acuerdo con estudios previos, la evolución de la Cuenca de Abanico registra dos fases deformativas principales: la primera correspondiente a la etapa extensional durante el Eoceno y Oligoceno, tiempo durante el cual se deposita la Formación Abanico y una segunda etapa correspondiente a la inversión parcial de la cuenca desde el Mioceno inferior-medio y contemporáneo a la depositación de la Formación Farellones. Los rasgos estructurales principales reconocidos permiten afirmar que en la cuenca se desarrollaron dos depocentros principales, uno W y otro E, siendo este último de mayor profundidad y controlado por fallas de borde de cuenca de manteo al W (Fock, 2005; Farías et al. 2008).

## 11.1 Estructuras regionales:

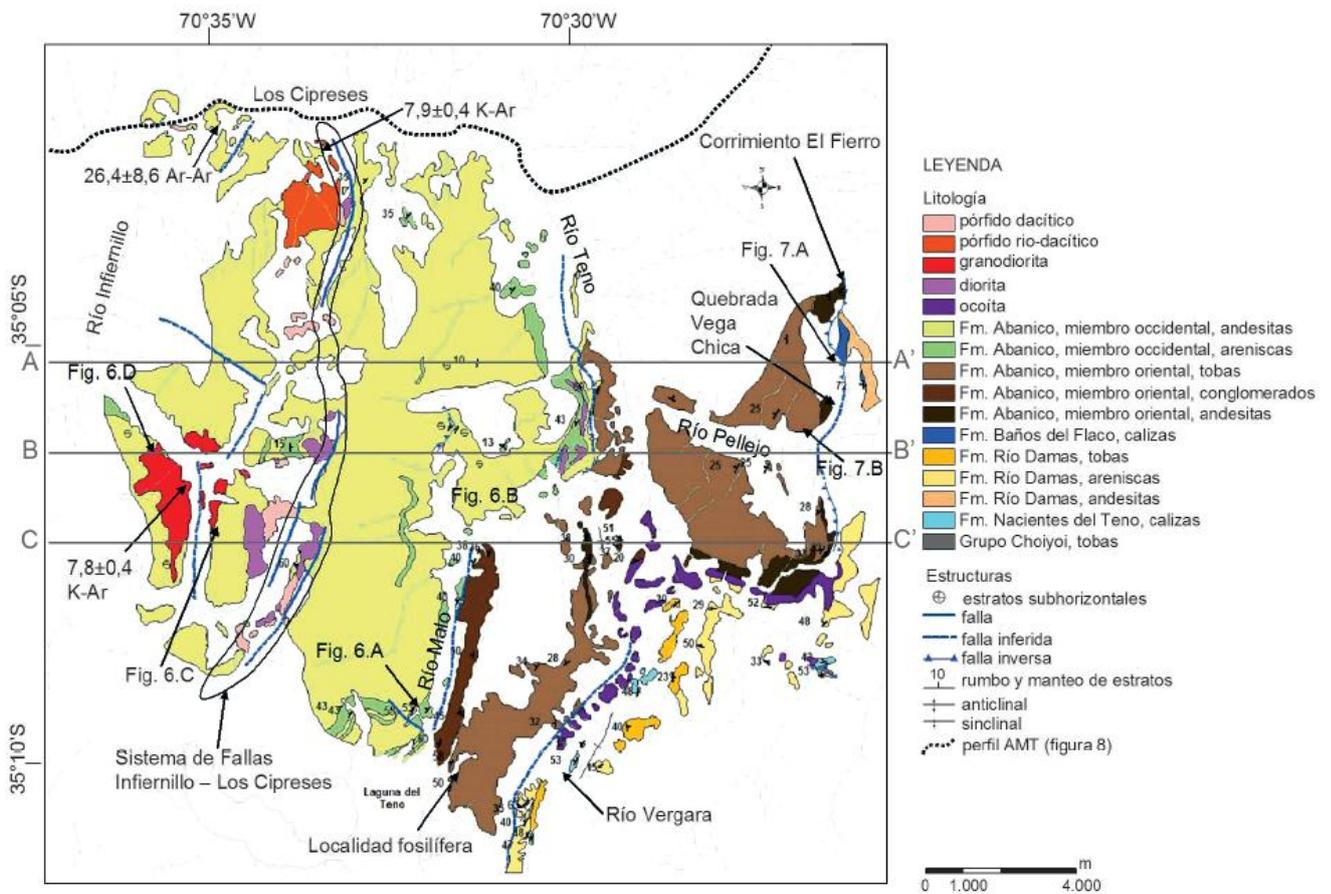
### Falla El Fierro

El borde oriental de la Cuenca de Abanico se formó a partir del Eoceno superior a través de un sistema de fallas de escala regional que, de norte a sur, incluye las fallas El Diablo, Las Leñas-Espinoza y El Fierro (Charrier et al., 2005), denominados por Farías et al. (2010) como Sistema de Fallas El Fierro. Este se localiza a 70° 33' longitud W y corresponde a la principal traza estructural presente en la región. Esta presenta un rumbo aproximado N-S y un manteo de 45-50°W. De acuerdo con diversos autores, esta estructura correspondería al borde oriental del sistema extensional que habría permitido, tanto la apertura de la Cuenca de Abanico, como su posterior inversión (Charrier et al. 2002, 2005; Fock et al. 2006; Farías et al., 2010). Las rocas del bloque alzado presentan edades más jóvenes que el bloque yacente, lo cual permite afirmar que la inversión de la estructura no fue total (Piquer et al., 2010). Esta estructura pone en contacto tectónico las unidades estratificadas de edad cenozoica alojadas en la cuenca subsidente de Abanico, con rocas mesozoicas ubicadas al Este.

### Sistema de fallas Infiernillo-Los Cipreses

Aproximadamente 10 km al W de la falla El Fierro se encuentra una serie de estructuras menores de rumbo N20°E variando a N-S que afectan parte de las unidades pertenecientes a la Formación Abanico, generando pliegues de arrastre de vergencia oriental. A lo largo de la traza de este sistema se emplazan los cuerpos intrusivos correspondientes a dioritas y pórfidos riódacíticos de edad Mioceno tardío (Piquer et al., 2010).

Díaz (2007) presenta un estudio magnetoteléxico (perfil AMT) a lo largo del valle del Río Teno que muestra ambientes conductores subverticales de hasta 10 km de profundidad interpretados como los conductos de ascenso magmático en el Mioceno tardío que permitieron el emplazamiento de los intrusivos de Infiernillo-Los Cipreses. Lo anterior permite interpretar el Sistema de Fallas Infiernillo-Los Cipreses como una estructura de relevancia regional, que junto con la Falla El Fierro, constituyen las fallas de borde de cuenca que permitieron, tanto la apertura, como la inversión de la Cuenca de Abanico en esta zona.



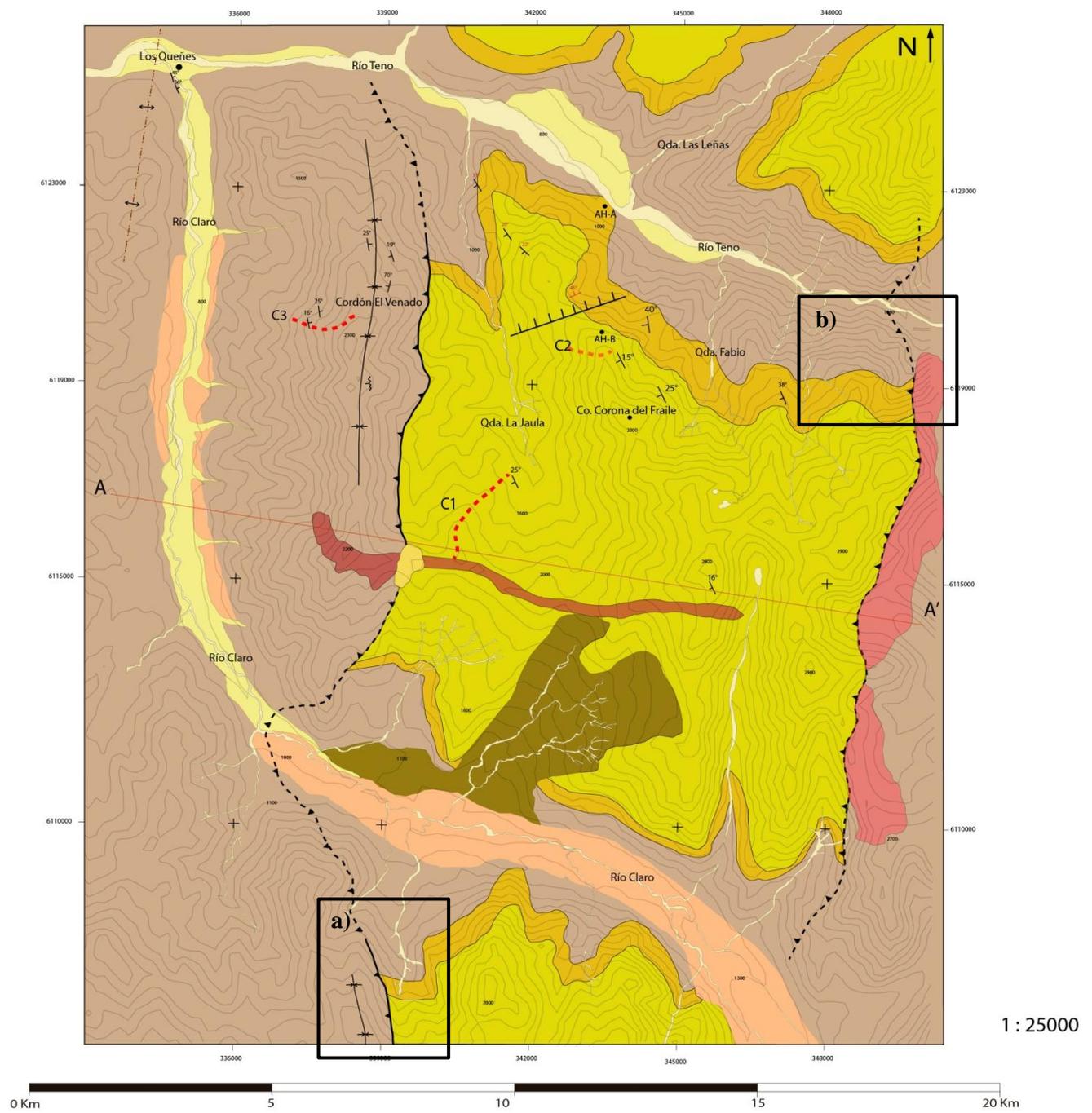
**Figura 23** Mapa geológico localizado al E de la zona de estudio (Piquer, 2010). Se muestra el punto de muestreo para dataciones K-Ar de Piquer et al. (2010) correspondiente al intrusivo localizado en la Qda. Infiernillo de  $7,9 \pm 0,4$  Ma y descrito como una Granodiorita de Hornblenda y Biotita. Tomado de Piquer et al. 2010

## **11.2 Estructuras en la zona de estudio:**

La zona de estudio se caracteriza por presentar estructuras de rumbo aproximadamente N-S correspondientes a: (1) fallas inversas de vergencia este que limitan bloques estructurales que habrían acomodado la deformación durante la apertura e inversión de la Cuenca de Abanico y (2) pliegues que afectan a unidades de edad Eoceno asignadas a la Formación Abanico que incluyen un par anticlinal sinclinal (Anticlinal Río Claro y Sinclinal El Venado).

En particular, se identificaron dos fallas inversas, aproximadamente paralelas entre sí, ambas de rumbo aproximado N-S y de vergencia E: la primera se encuentra en el extremo oeste del área de estudio (Falla El Venado, Figura 24a), localizada aproximadamente 20 km al W de la Falla El Fierro. La segunda aparece en el límite oriental de los afloramientos de la unidad Corona del Fraile (Figura 24b), aproximadamente 10 km al W de la Falla El Fierro (Falla Corona del Fraile).

La Falla El Venado está bien expuesta y se reconoce con claridad en la ladera E del Cordón El Venado, mientras que la falla Corona del Fraile presenta menor exposición y el acceso a los afloramientos afectados por ella es restringido debido a la topografía abrupta. Sin embargo existe evidencia indirecta que permite acotar su ubicación.



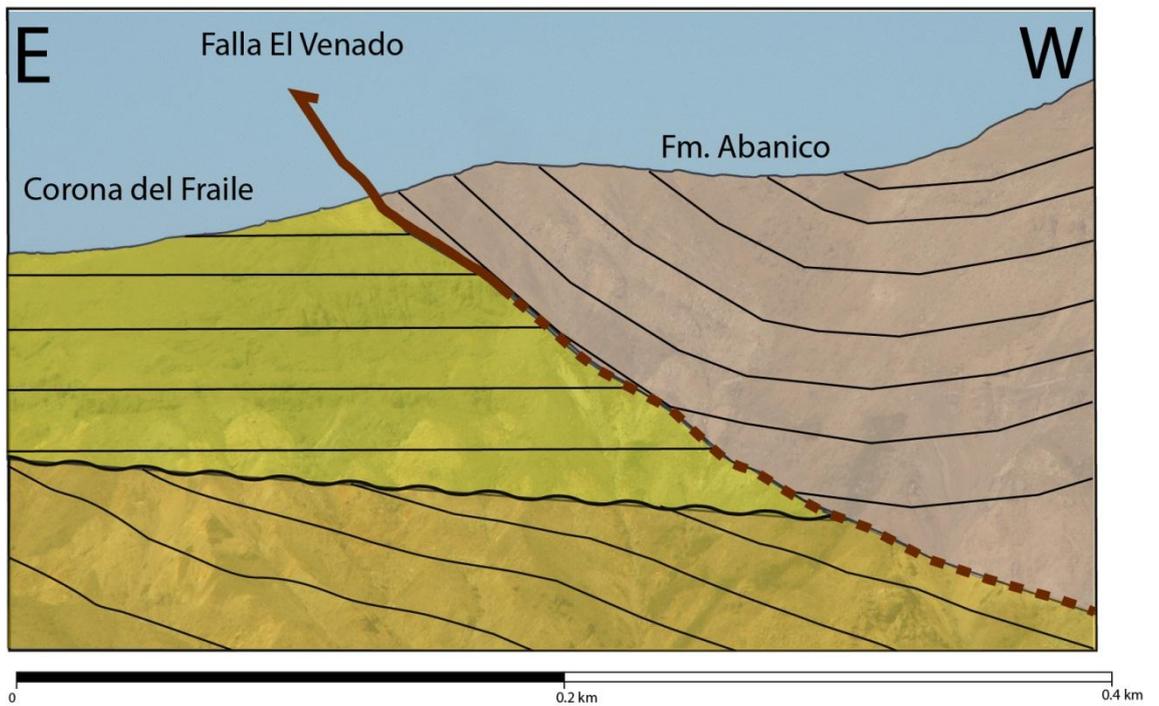
**Figura 24** Mapa de la zona destacando las principales estructuras. a) Prolongación de la Falla El Venado hacia el sur de la zona de estudio (Ver Figura 25). Su traza se observa lo largo de la ladera E del cordón homónimo. b) Falla Corona del Fraile

## **Falla El Venado**

Localizada en el flanco occidental de la zona de estudio, esta estructura corresponde a una falla inversa de rumbo aproximado N-S y de vergencia este. Cabalga unidades cenozoicas de la Formación Abanico, sobre unidades volcánicas más jóvenes asignadas a la Unidad Corona del Fraile. El contacto por falla se observa a lo largo del flanco oriental del Cordón del Venado y se prolonga hacia el sur del Río Claro, donde se puede observar la vergencia de la estructura (Figura 25).

Los estratos sedimentarios de la Formación Abanico afloran al oeste de esta estructura y concentran una fuerte deformación intracutánea, presentando pliegues apretados en la línea de cumbres del Cordón El Venado (Figura 15).

Parada (2008) reconoce, inmediatamente al norte de la zona de estudio, la Falla La Palma, de rumbo NNE y vergencia este, la cual se correlaciona espacialmente con la falla El Venado. Inmediatamente hacia el sur, Hurtado (2003) señala la presencia de una estructura equivalente a la Falla El Venado, que pone en contacto secuencias volcanoclásticas rojas con litologías volcánicas compuestas por tobas y flujos de lava, si bien esta fue reconocida con vergencia al W.



**Figura 25 . Prolongación de la Falla El Venado hacia el sur del Río Claro. Rocas cenozoicas de la Formación Abanico cabalgan a unidades volcánicas de la Unidad Corona del Fraile. En el bloque yacente se observa el contacto por discordancia angular erosiva entre el miembro superior e inferior de esta unidad, mientras en el bloque colgante se observa un sinclinal formado por los estratos sedimentarios de la Fm. Abanico.**

## **Falla Corona del Fraile**

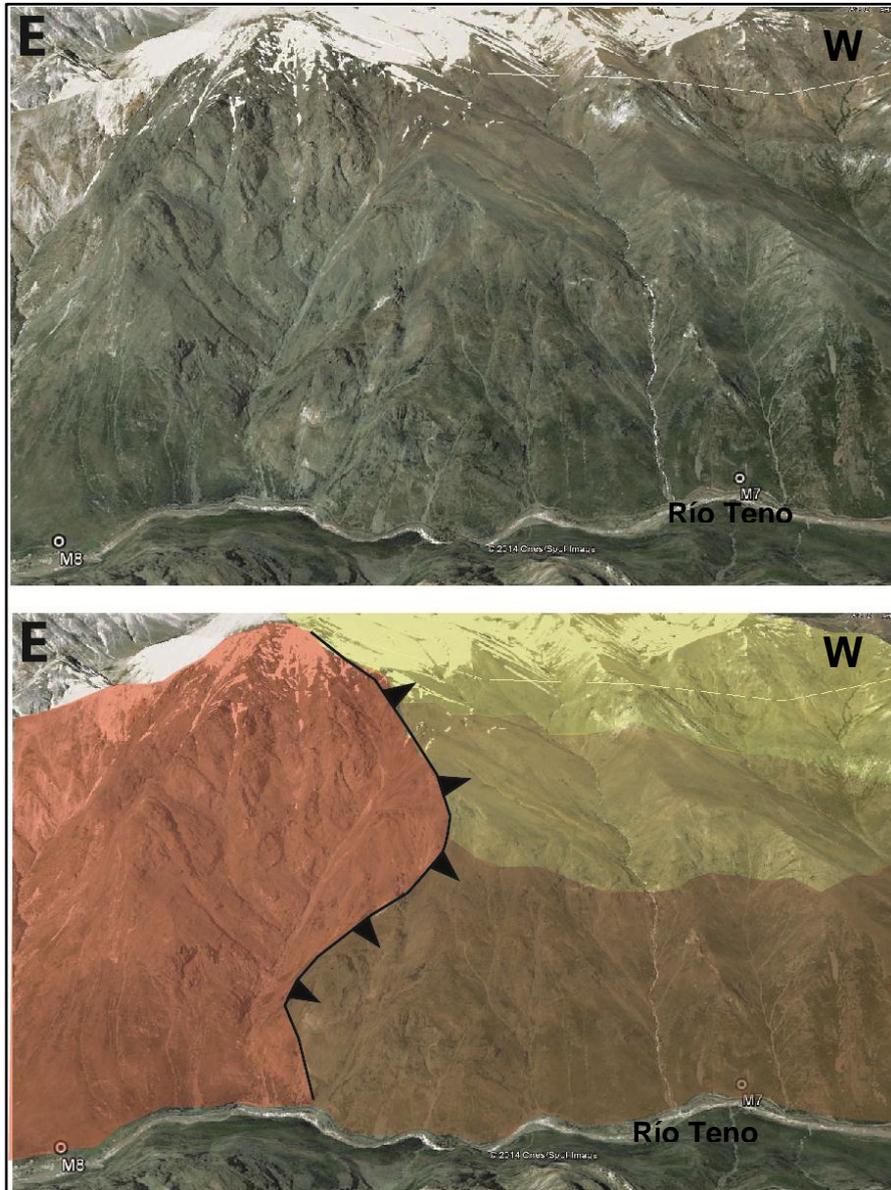
La presencia de esta falla es inferida a partir de evidencia indirecta: basculamiento de entre 16° y 25° hacia el SW de los estratos al W de la falla (Unidad Corona del Fraile) y su contacto litológico abrupto con la unidad intrusiva granodiorítica.

Esta estructura está localizada aproximadamente 10 km al oriente de la falla El Venado y corresponde a una falla inversa que pone en contacto las unidades estratificadas de la Unidad Corona del Fraile y de la subyacente Formación Abanico con el cuerpo intrusivo correspondiente a la Granodiorita de Hornblenda y Biotita descrita por Piquer et al. (2010).

Parada (2008) reconoce una estructura equivalente inmediatamente al norte de la zona de estudio, nombrada Falla Huemulina de vergencia este y rumbo NNE, la cual corresponde al límite oriental del bloque estructural “Las Mulas”, descrito por este autor.

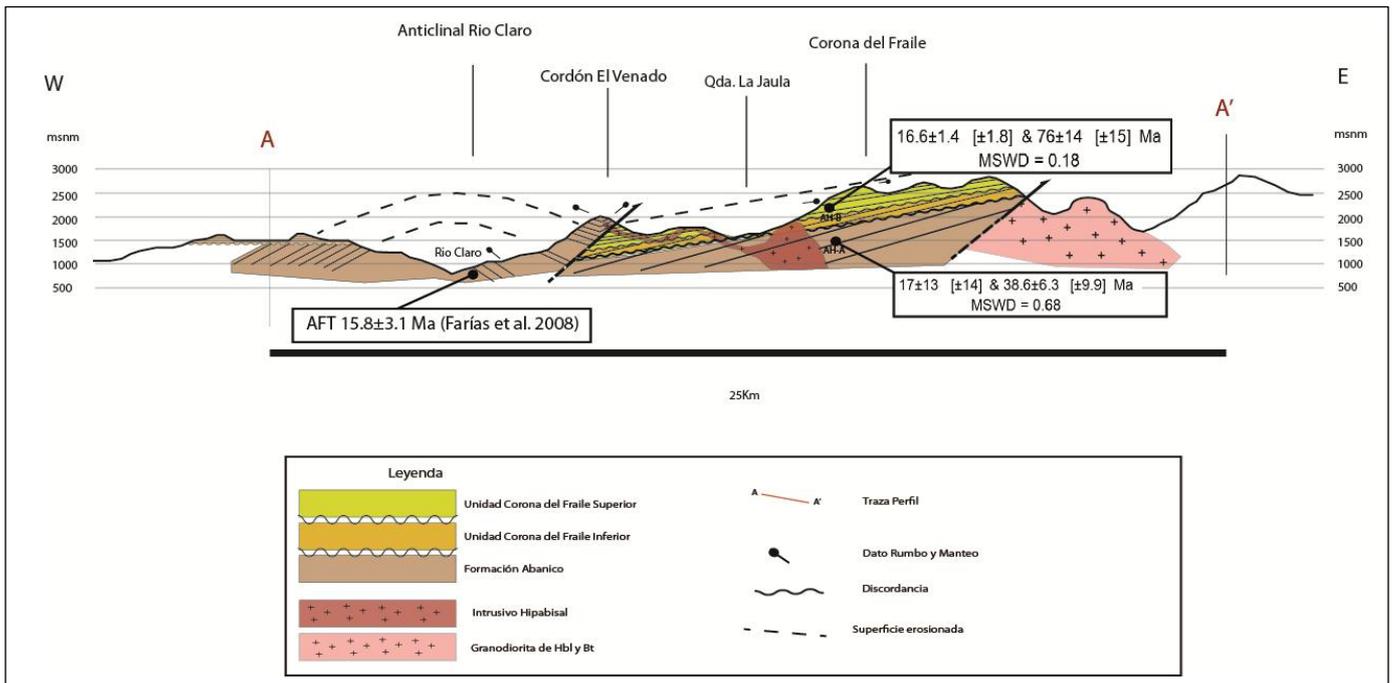
La accesibilidad de las quebradas donde se localiza la falla es restringida debido a la abrupta topografía, por lo cual su traza, en parte, es inferida. Considerando su proximidad y similar rumbo, esta falla puede asignarse al sistema de fallas “Infiernillo-Los Cipreses” (Figura 23).

Las dos estructuras observadas corresponderían a los bordes de los diferentes bloques estructurales o compartimentos resultantes de la actividad tectónica en esta parte de la cuenca (Ver capítulo Discusiones).



**Figura 26** Falla Corona del Fraile. Vista hacia el sur, donde se observan los estratos de la unidad Corona del Fraile basculados en dirección SW y en contacto con el intrusivo granodiorítico localizado al E.

Basado en los antecedentes obtenidos en la zona de estudio se construyó el perfil A-A' (Figura 27), donde se muestra las relaciones estratigráficas y la localización de las estructuras. Se muestra además, los puntos de muestreo de las rocas datadas en este trabajo y una tercera edad obtenida por el método de trazas de fisión en apatito, tomada de Farías et al. (2008) de  $15,8 \pm 3,1$  Ma (muestra a40) en rocas asignadas a la Formación Abanico.



**Figura 27 Perfil estructural A-A'.** Se muestra la relación estratigráfica de las unidades estudiadas y las edades de tres muestras: en el recuadro izquierdo se muestra la edad (AFT) presentada por Farías et al. (2008), (muestra a40). En los recuadros ubicados a la derecha, se muestran las edades obtenidas en este trabajo (AH-A abajo y AH-B arriba).

A partir de los datos compilados en este perfil y a antecedentes de estudios regionales, fue posible reconstruir la secuencia de eventos que dieron lugar a la configuración observada actualmente en la zona (Ver Capítulo Discusiones: Perfiles de Evolución Paleogeográfica).

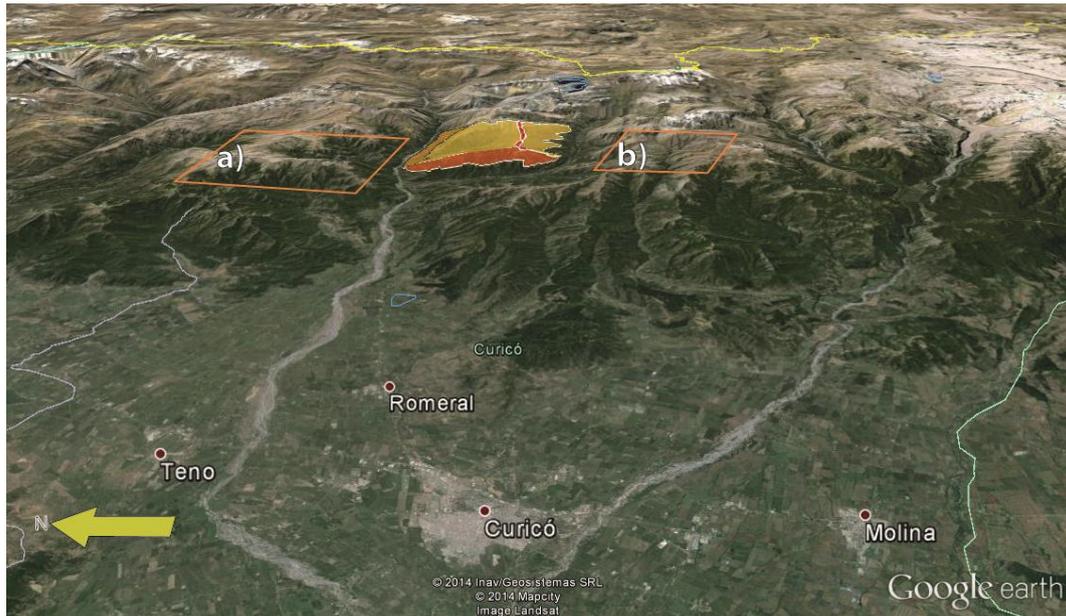
Al hacer un reconocimiento por fotointerpretación, tanto hacia el norte como hacia el sur de la zona de estudio, se observan rasgos estructurales con rumbos similares y localizados a igual longitud, coincidentes con las estructuras reconocidas en este trabajo (Figura 28).

Parada (2008) reconoció, inmediatamente al norte de la zona de estudio (Figura 28a) , la presencia de bloques estructurales limitados por fallas inversas correspondientes a antiguas fallas normales invertidas durante el Neógeno, las cuales se correlacionan espacialmente con las dos estructuras observadas en la zona de estudio (Figura 29).

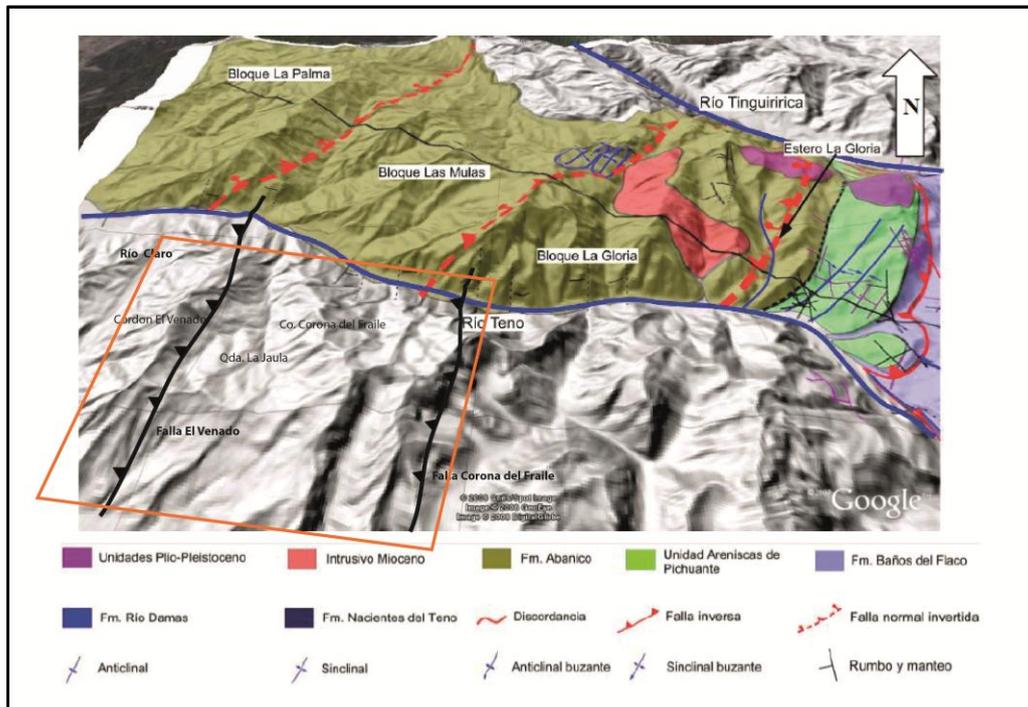
Hurtado (2003) reconoce una estructura equivalente a la Falla El Venado, que pone en contacto secuencias volcanoclásticas rojas con litologías volcánicas compuestas por tobas y flujos de lava.

Jara (2007) reconoció, entre el Río Cachapoal y Río Claro de Rengo, rasgos estructurales consistentes en pliegues asociados a fallas inversas en rocas cenozoicas que se relacionan con episodios de deformación propios de la inversión de la Cuenca de Abanico. En particular destacan las estructuras encontradas en el cerro Alto los Peñascos como un equivalente al Cordón El Venado, presentando un par anticlinal-sinclinal en disposición paralela a una falla inversa localizada inmediatamente al E. Estos rasgos estructurales son similares y se encuentran a una longitud tal que pueden correlacionarse con las estructuras observadas en la zona de estudio.

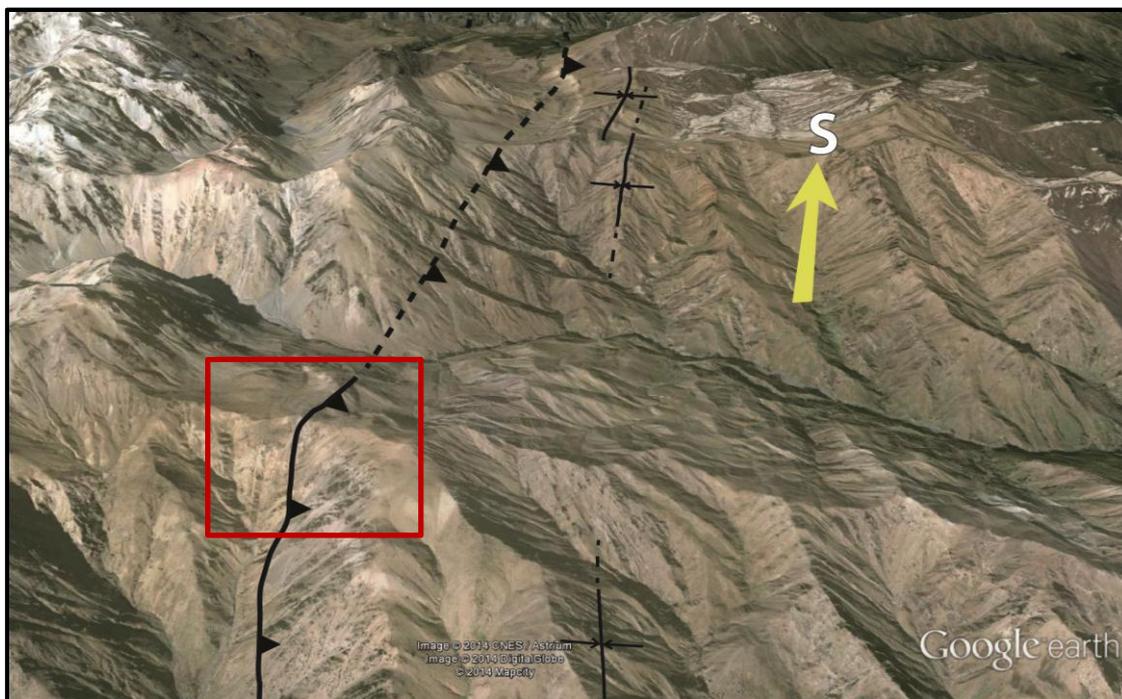
Lo anteriormente expuesto permite afirmar que las estructuras observadas no se restringen a la escala local, sino que se trata de rasgos superficiales que responden a la presencia de estructuras de escala regional. Si bien estas estructuras presentan vergencia hacia el este en superficie, no se descarta que la falla maestra que conecta con el despegue en profundidad pueda ser vergente al W. En tal caso, las estructuras observadas corresponderían a retrocorrimientos de la falla principal. Sin embargo para evaluar este asunto, son necesarios estudios estructurales detallados que permitan dilucidar la geometría de las estructuras en profundidad.



**Figura 28. Trabajos realizados al N y S de la zona de estudio.** Se observan rasgos estructurales con rumbos similares y localizados a igual longitud, coincidentes con las estructuras reconocidas en este trabajo. a) zona de estudio de Parada (2008) b) estructuras al sur de la zona de estudio



**Figura 29 Estructuras al norte de la zona de estudio.** Se observa una congruencia espacial entre las estructuras reconocidas por Parada (2008) y aquellas identificadas en el presente trabajo. En el recuadro naranja se indica la zona de estudio. Modificado de Parada (2008)

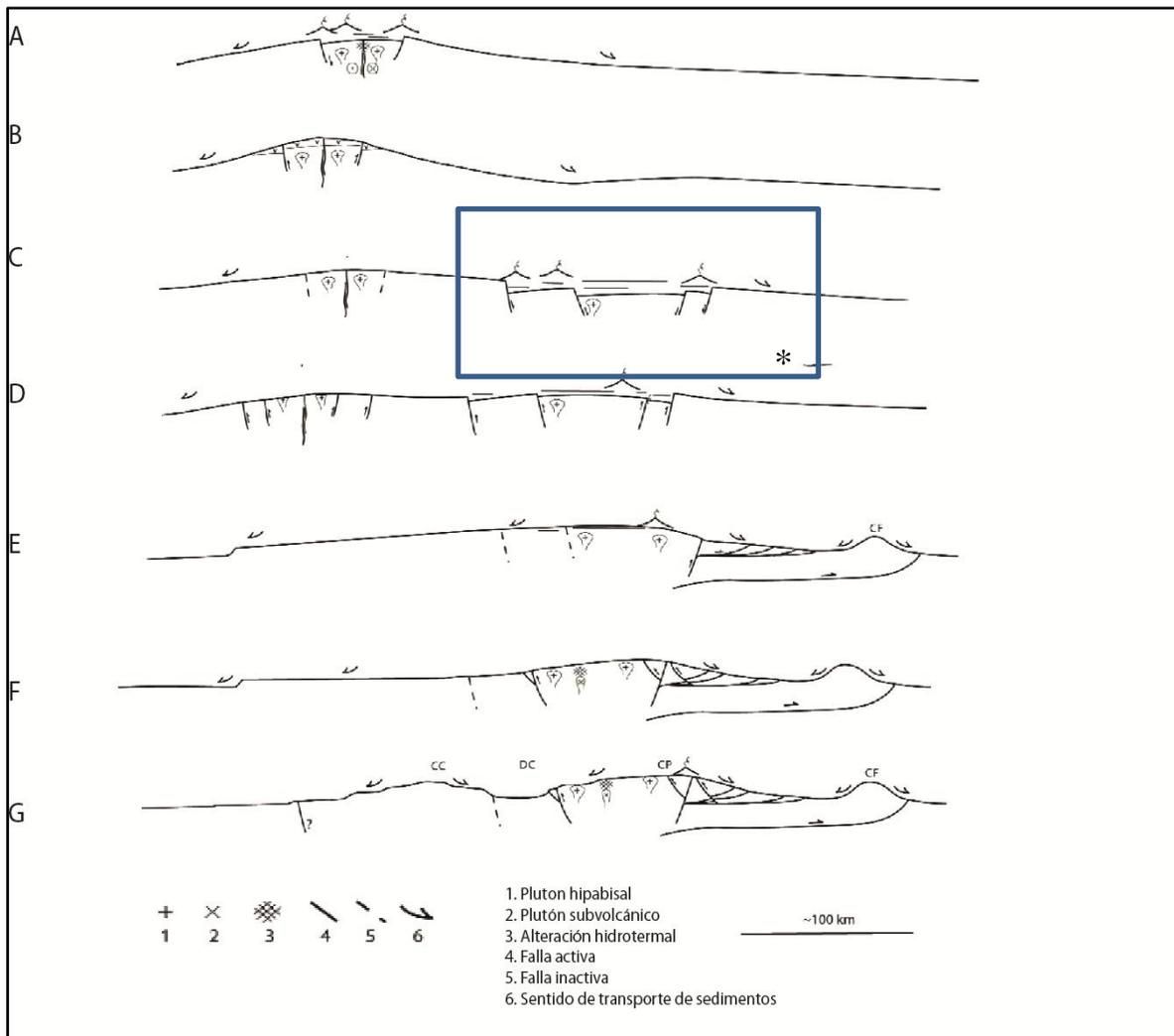


**Figura 30 Fotointerpretación de estructuras al sur de la zona de estudio.** (Ver Figura 28b) Se observa la continuidad de la Falla El Venado, junto con la presencia de sinclinales localizados al W. El recuadro marca la ubicación de la fotografía mostrada en la Figura 25.

## **12 Discusiones**

### **12.1 Marco general**

El trabajo de geología de campo realizado, junto con las dataciones radiométricas obtenidas, permitieron identificar y datar los distintos eventos geológicos que afectaron la zona de estudio durante su desarrollo tectónico desde inicios del Cenozoico hasta el presente. A partir de los perfiles conceptuales presentados por Charrier et al. (2009), se construyeron perfiles de evolución paleogeográfica, a escala local en la zona de estudio, donde se presenta una síntesis con los eventos geológicos que llevaron a la actual configuración observada, con esquemas explicativos mostrando las edades de los eventos datados en el lado derecho de los perfiles. Los perfiles se construyeron a partir de la etapa marcada en el recuadro en la Figura 31, correspondiente al desarrollo extensional de la Cuenca de Abanico a partir del Eoceno medio/superior.

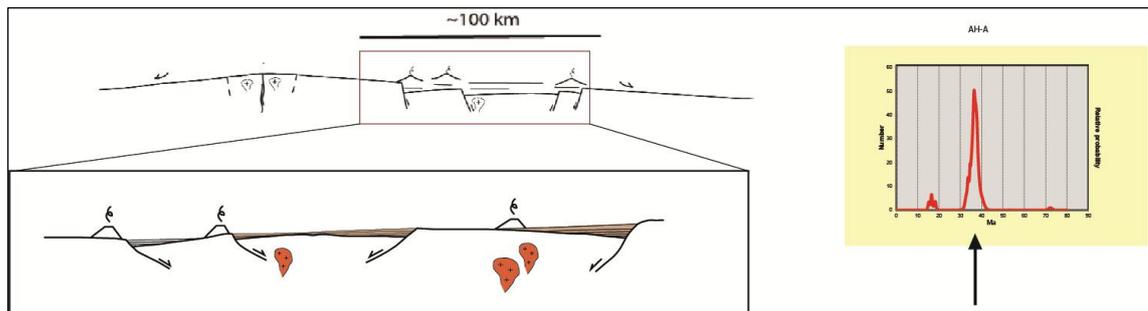


**Figura 31** Perfiles de evolución paleogeográfica (Modificado de Charrier et al. 2009). **A.** Paleoceno/Eoceno medio: desarrollo del arco magmático **B.** Eoceno medio: inversión tectónica del arco precedente y formación de la Cordillera Incaica (Orogenia Incaica) **C.** Eoceno medio/superior-Oligoceno superior/Mioceno inferior: desarrollo de la cuenca extensional de Abanico que alojó al nuevo arco migrado al este del anterior **D.** Oligoceno superior-Mioceno inferior: inversión tectónica de la Cuenca de Abanico (Orogenia Pehuenche) **E.** Mioceno inferior/medio-Mioceno superior :migración de la deformación y del magmatismo hacia el E y formación de la Cordillera Frontal, basculamiento del orógeno hacia el oeste, peneplanización del antearco e inicio de la incisión fluvial. **F.** Mioceno superior-Plioceno inferior: expansión tectónica y progresión oriental de las convexidades en los perfiles longitudinales de los ríos (knick-points) **G.** Plioceno superior-Reciente: configuración actual.

## 12.2 Evolución paleogeográfica

### **Etapa extensional:** Eoceno medio/superior- Mioceno inferior temprano

Desarrollo de la cuenca extensional de Abanico a través de fallas normales de escala regional, en particular en la zona de estudio ocurre a través del sistema de fallas El Fierro. Los depocentros generados por la apertura de la cuenca, alojan los gruesos volúmenes de rocas volcánicas provenientes del arco activo, como también rocas sedimentarias producto del retrabajo de las mismas, dando origen a la Formación Abanico. Los mayores espesores fueron depositados en el flanco oriental de la cuenca, asociado a un mayor desplazamiento de las estructuras que controlaron su apertura. Las edades obtenidas para la muestra AH-A muestran una familia de circones de entre 30 y 40 Ma correspondiente al Eoceno superior, interpretado como la edad máxima de depositación durante la apertura de la cuenca, previo a su retrabajo y posterior depositación en facies sedimentarias.

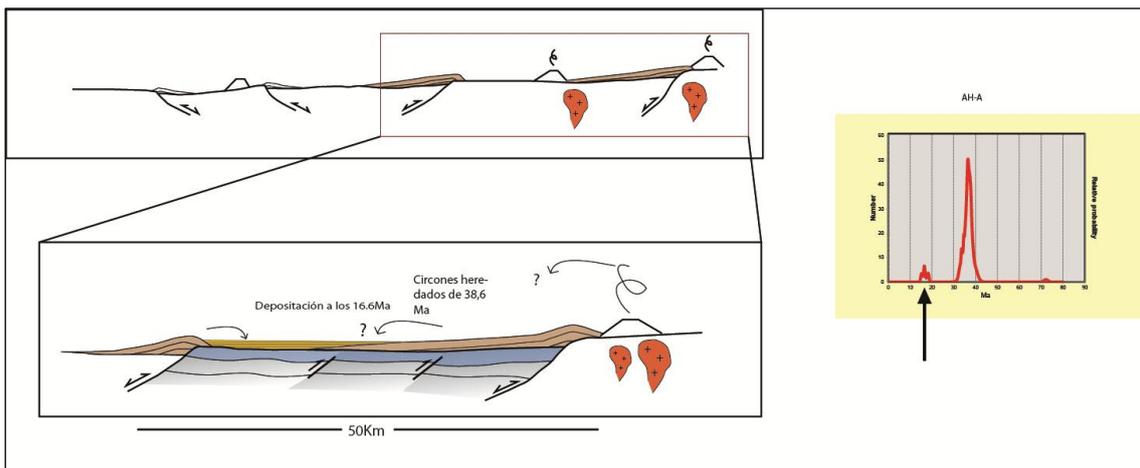


**Figura 32: Desarrollo de la Cuenca extensional de Abanico:** El gráfico muestra la distribución de edades de los circones analizados, donde se observa una familia que marca la edad máxima de depositación en el Eoceno superior, de unidades previas al retrabajo y posterior depositación.

**Etapa compresiva:** (Mioceno inferior-Plioceno?)

Inversión tectónica de la Cuenca de Abanico: al comenzar el proceso de inversión, los depósitos volcánicos continuaron colmatando la cuenca. Este proceso estaría asociado a un engrosamiento cortical, lo cual corresponde a evidencia del evento tectónico compresivo registrado en este período. Las unidades correspondientes a la Formación Abanico son afectadas por las estructuras compresionales, lo cual se registra en pliegues de amplia longitud de onda, como lo es el Anticlinal Río Claro y localmente en intensa deformación. Se produce la exhumación y erosión de las unidades depositadas en la etapa precedente. Lo anterior da paso a la depositación de facies fluviales y lacustres producto de la erosión y drenaje de la cuenca, las cuales se intercalan con los productos volcánicos predominantes.

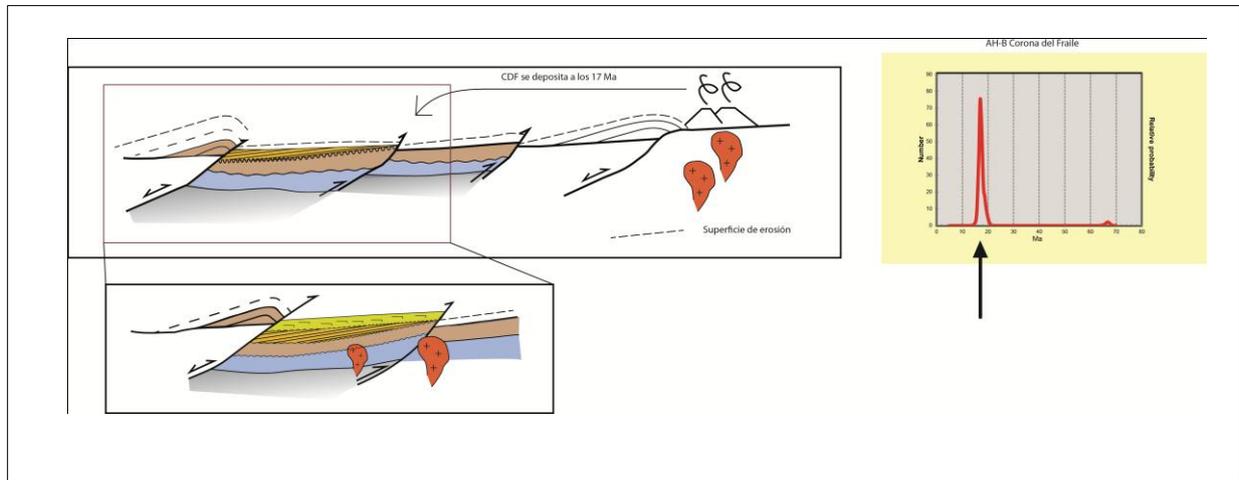
- (a) El gráfico de edades obtenido para la muestra AH-A presenta una segunda familia de circones de edad Mioceno inferior-medio (límite Langhiano-Burdigaliano), que se interpreta como la edad máxima de depositación de esta unidad. La proveniencia de los sedimentos corresponde al retrabajo de unidades Eoceno-Oligocenas, lo cual se ve reflejado en la familia de circones de esa edad, presentes en la muestra analizada (Figura 33).



**Figura 33: Inversión de la Cuenca de Abanico:** el gráfico muestra una familia de circones del Mioceno inferior, interpretada como la edad máxima del depósito proveniente del retrabajo de las unidades depositadas durante la etapa previa (Eoceno).

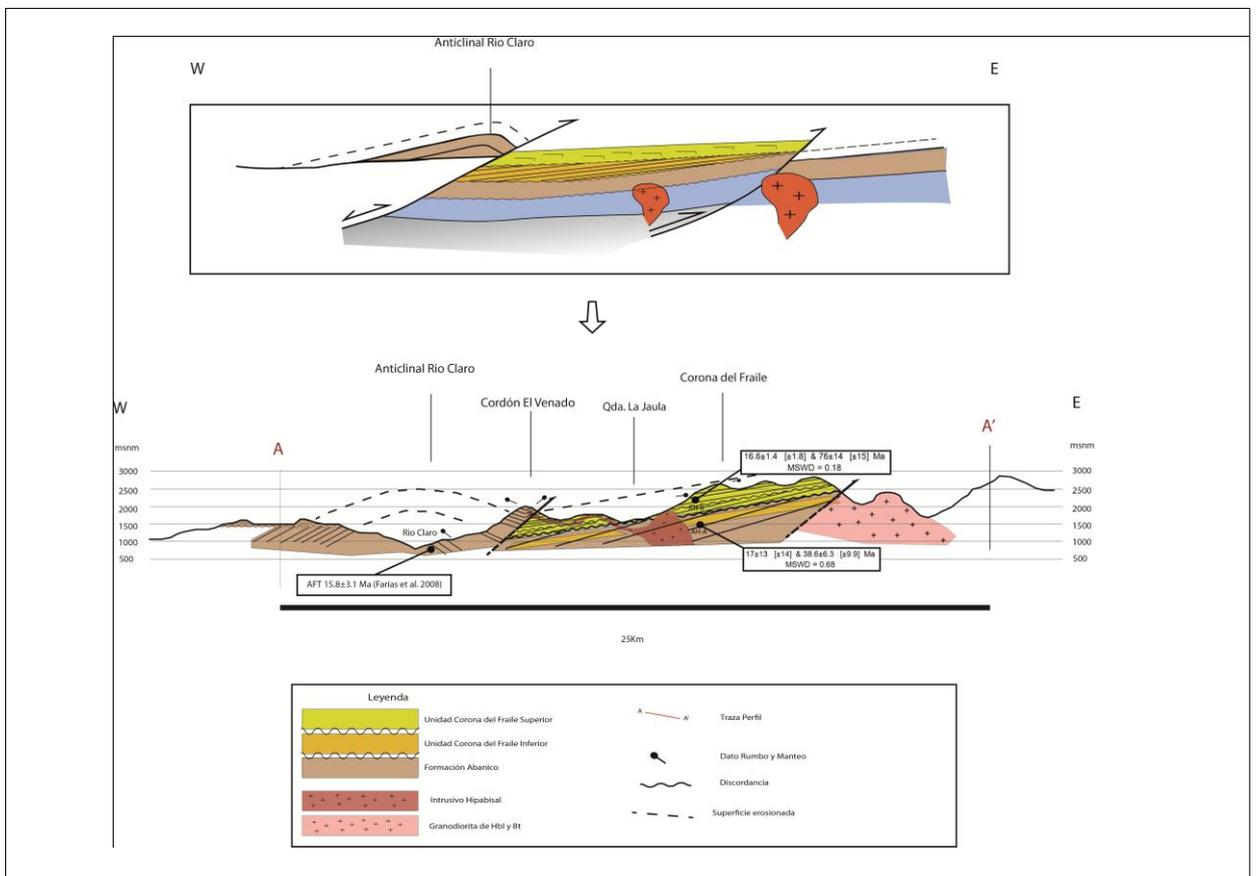
- (b) La deformación compresiva generó el alzamiento y la consecuente erosión que dio paso a la exhumación de rocas de la Formación Abanico, en particular aquellas localizadas en el extremo W de la zona de estudio, pertenecientes al núcleo del Anticlinal Río Claro del Teno. La superficie de erosión se ilustra con línea punteada en la Figura 34. Farías et al. (2008) presenta una datación por trazas de fisión en apatitos (AFT) de  $15,8 \pm 3,1$  Ma (muestra a40). El evento datado corresponde al enfriamiento del sistema por bajo los  $110^{\circ}\text{C}$ , correspondiente a su edad de exhumación. Considerando que las facies lacustres fueron depositadas de manera horizontal y que estas se presentan con manteos entre  $15$  y  $20^{\circ}$  al SW, queda en evidencia un nuevo evento deformativo responsable del basculamiento y de la posterior erosión de esta unidad. Esto se registra en una segunda discordancia angular que separa el depósito lacustre de las unidades depositadas a continuación.
- (c) Las volcanitas de la unidad Corona del Fraile (CDF) se depositan a los  $16,6$  Ma, cubriendo la superficie erodada de los depósitos lacustres subyacentes (Figura 34). La unidad CDF corresponde a depósitos piroclásticos con una alta tasa de depositación en comparación con el rechazo producido por la falla, por lo que no se habrían generado estratos de crecimiento.

La Unidad CDF se ve afectada por el rechazo de la falla que limita, por el este, el bloque sobre el cual fue depositada (Falla CDF), resultando en el basculamiento hacia el SW que presentan actualmente los estratos pertenecientes a esta unidad. Intrusivos hipabisales ascienden a través de las zonas de falla y se emplazan intruyendo las secuencias estratificadas estudiadas.



**Figura 34: Depositación de la unidad Corona del Fraile:** el volcanismo contemporáneo al proceso de inversión de la cuenca, da paso a la depositación de rocas piroclásticas que se alojan en los depocentros generados por los distintos bloques estructurales. El gráfico muestra la distribución de edades de los circones analizados en la muestra AH-B, registrando la edad del depósito en el Mioceno inferior.

**(d) Configuración actual:** en el Plioceno-Pleistoceno se produce el depósito de la Formación Cola de Zorro (González y Vergara, 1962) sobre la superficie erodada correspondiente al flanco trasero del Anticlinal Río Claro. Los procesos erosivos, principalmente glaciales y fluviales modelan la morfología de la zona. La incisión provocada por lo que es hoy el Río Claro, habría comenzado en la traza reológicamente más debilitada, correspondiente a la charnela del anticlinal.



**Figura 35: Configuración actual:** las unidades depositadas hasta este momento sufren erosión glacial y fluvial que da origen a la topografía observada actualmente.

La Figura 36 muestra la secuencia completa de perfiles esquemáticos de evolución paleogeográfica desde el Eoceno al presente. Los análisis geocronológicos realizados permiten identificar las edades máximas de depositación de las rocas estudiadas. Los gráficos con las edades se muestran en el costado derecho de la figura que representa el proceso de depositación respectivo

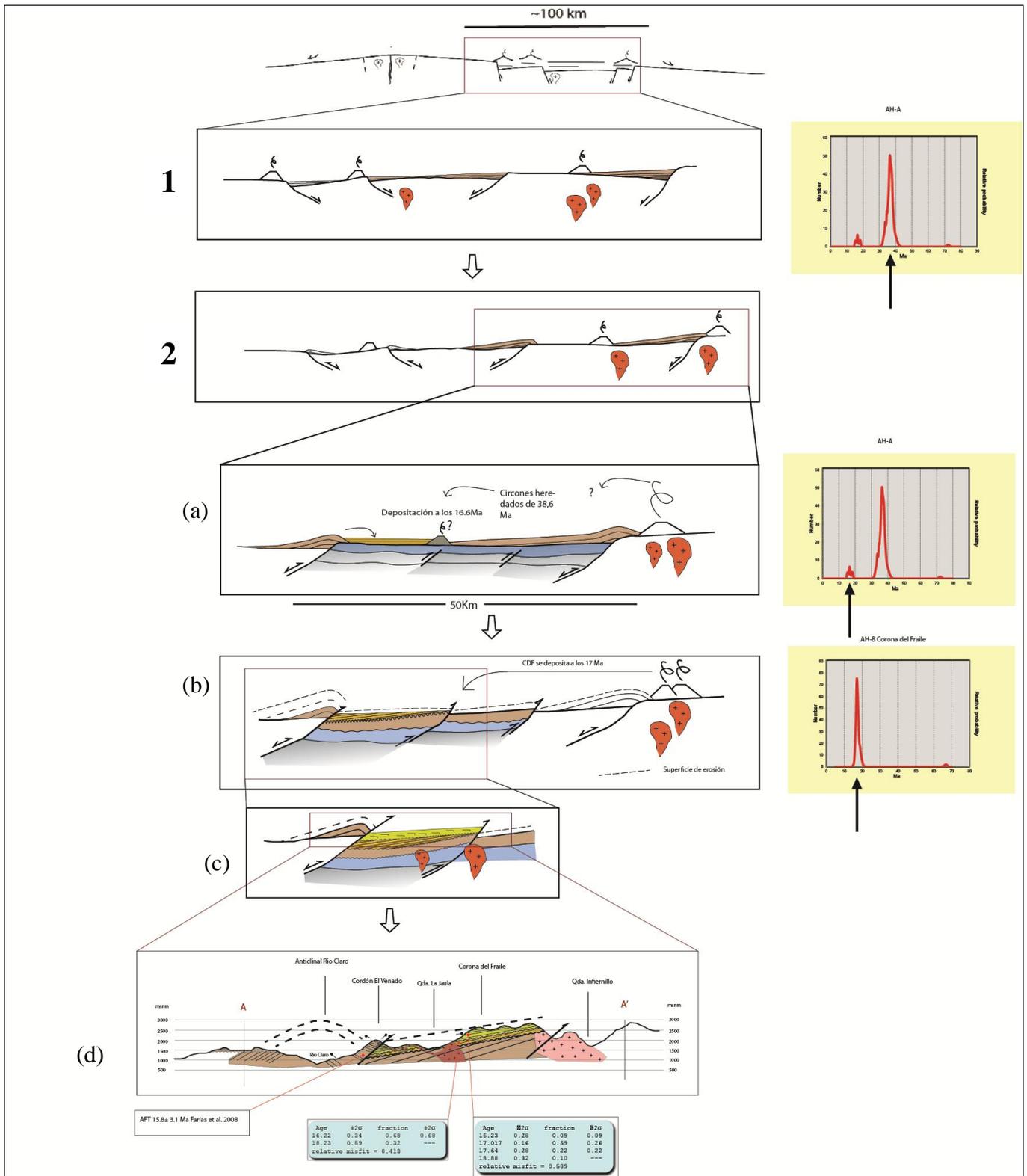


Figura 36 Perfiles esquemáticos de evolución paleogeográfica. Las edades obtenidas se muestran al lado derecho de la figura representativa del proceso que dio origen al respectivo depósito. Los espesores de las unidades no están ilustrados a escala.

### 12.3 Correlaciones litoestratigráficas

La amplia extensión de la Cuenca de Abanico y las variaciones de norte a sur en la vergencia y en la traza de las estructuras que controlaron su apertura e inversión, determinan diferentes rasgos paleogeográficos sobre los cuales ocurre la depositación de rocas volcánicas y sedimentarias alojadas en ella. Condicionado por la dinámica de las estructuras principales, se desarrollan, localmente, cuencas intermontanas independientes complicando las correlaciones a grandes distancias (Vergara y Drake, 1979).

Rivano et al. (1990) proponen una redefinición de la Formación Farellones, señalando la localidad tipo ubicada al norte de valle del Río Aconcagua, en la ladera norte del cerro La Gloria. Estos autores distinguen un miembro inferior ignimbrítico y uno superior andesítico. El miembro inferior es descrito como una unidad tobácea e ignimbrítica con intercalaciones delgadas de volcanitas efusivas dispuesta en discordancia angular sobre los estratos de la Fm. Abanico. Dataciones radiométricas sitúan esta unidad en el intervalo de 15 a 18 Ma. Estos rasgos coinciden en gran medida con las características observadas para la Unidad Corona del Fraile, en particular la obtención de su edad de depositación a los 16,6 Ma. Por lo tanto, basado en estos criterios y a pesar de tratarse de una correlación a una distancia considerable, sería posible asignar la Unidad Corona del Fraile al miembro inferior de la Formación Farellones.

La relación de contacto entre la Formación Abanico y la Unidad Corona del Fraile, en la zona de estudio, es de dos tipos: en el sector occidental de la zona de estudio corresponde a un contacto tectónico, a través de la Falla el Venado y en la zona central y oriental, se presenta un contacto por discordancia angular.

Una configuración similar, en cuanto a las relaciones de contacto, fue observada por Godoy et al. (1999) en el área ubicada inmediatamente al E de Santiago. Estos autores plantean la existencia de un bloque deformado de estratos de la Formación Abanico, en contacto tectónico (por una falla vergente al W) con la Formación Farellones, localizada al E y un segundo bloque de la Formación Abanico, de mayor competencia y con menor intensidad de deformación, yaciendo en discordancia bajo los estratos de la Formación Farellones.

Las similitudes observadas permiten establecer un vínculo entre la evolución tectonoestratigráfica de las unidades localizadas a los 33° y a los 35°S como parte de un mismo sistema de escala regional, con variaciones locales.

Spikings et al. (2008) señala: “muestras analizadas al sur del Río Teno fueron enfriadas rápidamente desde temperaturas de  $>300^{\circ}$  hasta  $80$  a  $60^{\circ}$  entre los  $20$  y  $10$  Ma”. Esto, junto con la edad obtenida por Farías et al. (2008) (AFT  $15.8 \pm 3.1$  Ma), interpretada como la edad de exhumación de rocas asignadas a la Formación Abanico en la zona de estudio, constituyen evidencia para interpretar un periodo de exhumación importante, probablemente asociado al desplazamiento de las fallas reconocidas en la zona de estudio, en el contexto de inversión de la Cuenca de Abanico.

#### **12.4 Contexto Estructural Regional**

El perfil A-A' fue integrado en una sección regional que abarca desde la vertiente occidental de la Cordillera Principal hasta el frente de deformación de la Faja Plegada y Corrida de Malargüe (FPCM) oriental aproximadamente a los  $\sim 35^{\circ}$ S. La sección se construyó tomando los trabajos Piquer et al. (2010) inmediatamente al E de la zona de estudio, y Mescua et al. (2014) en la vertiente argentina del orógeno (Fig 37).

En la sección se reconocen tres dominios estructurales: en la zona occidental se encuentra el dominio Cuenca de Abanico, donde afloran las secuencias volcánicas y sedimentarias continentales cenozoicas de la Formación Abanico y las secuencias más recientes correspondientes a la Unidad Corona del Fraile (Mioceno inferior) y Formación Cola de Zorro (Pleistoceno-Pleistoceno). El borde E de este dominio se encuentra limitado por la falla de alto ángulo El Fierro. El basamento de este dominio lo constituyen rocas mesozoicas acumuladas en la fase tectónica precedente.

Este dominio se caracteriza por un estilo estructural de inversión, con bloques estructurales limitados por fallas inversas de vergencia oriental que acomodan la deformación.

Al E de la Falla el Fierro y por contacto tectónico, se encuentran las secuencias mesozoicas acumuladas desde el Jurásico en una cuenca de trasarco, correspondientes a depósitos sedimentarios marinos asociados a ciclos de transgresión-regresión. Se reconoce la presencia de numerosos bloques estructurales alzados verticalmente por medio de fallas normales invertidas, comprometiendo el basamento pre-Jurásico que le subyace (Tapia 2010), conformando el Dominio Faja Plegada y Corrida de Malargüe (DFPCM). El flanco chileno del Dominio FPCM se caracteriza por dos anticlinales de orientación N-S que afectan acopladamente al basamento y las secuencias mesozoicas a través de fallas inversas. Existen además dos anticlinales menores que afectan solo a estas últimas (Parada, 2008).

Al E del frente de deformación de la FPCM se encuentra el dominio Antepaís, donde se acumulan depósitos sinorogénicos neógenos provenientes de la erosión del frente oriental andino.

El principal evento deformativo que afectó a la FPCM se produce a partir de los 20 Ma iniciando con la inversión de la Cuenca de Abanico en el flanco chileno del orógeno (Charrier et al, 1996, 2002). Tapia (2010), al sur de la zona de estudio, reconoce la deformación de la Fm. Abanico por medio de la inversión de la falla El Novillo y el posterior desarrollo de la Falla Baños de Llolli. El sector interno (occidental) de la FPCM fue deformado entre los 20 y los 16 Ma, evidenciado por andesitas con deformación sintectónica en el Complejo Volcánico Cordón del Burrero (CVCB) con edades Ar/Ar en roca total de  $17.9 \pm 0.4$  Ma y  $17.2 \pm 0.2$  Ma (Sruoga et al, 2008).

En consideración a lo anterior: el desarrollo estructural de la zona de estudio, posterior a los 16 Ma, registrado en el basculamiento de las unidades de esa edad, correspondería a un evento de deformación compresivo fuera de secuencia.

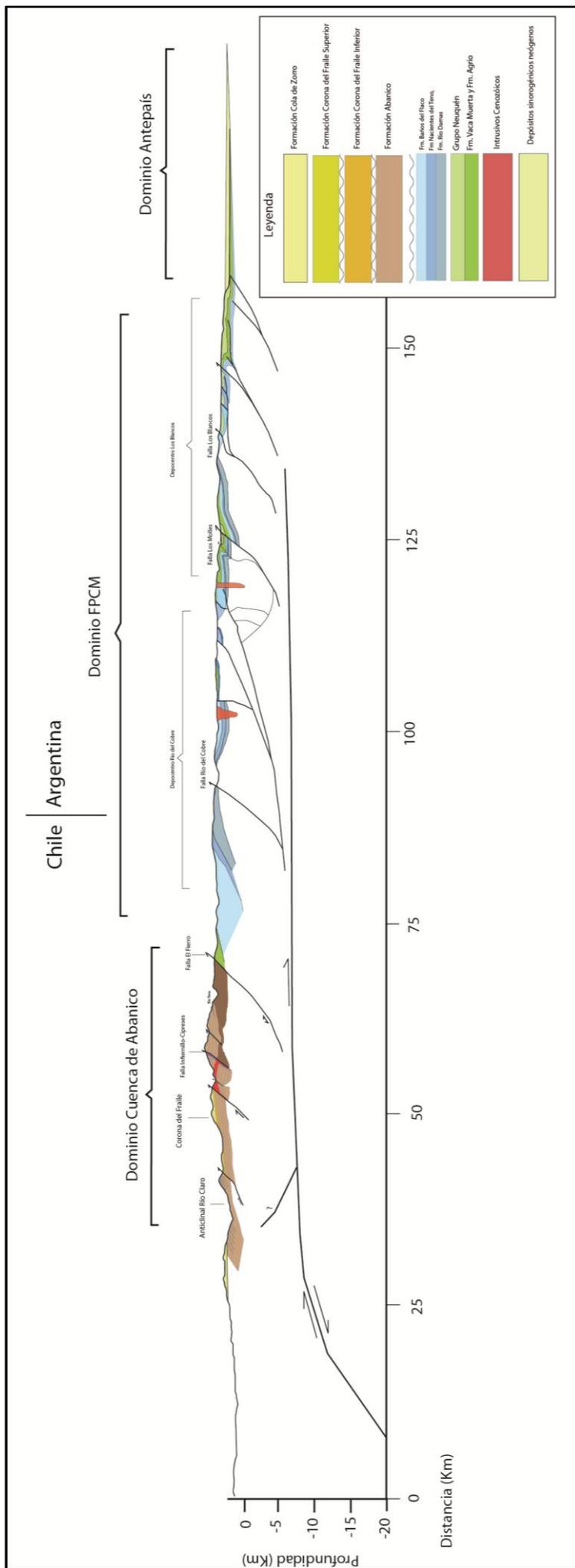


Figura 37 Sección estructural regional. Construida a partir del perfil estructural del presente trabajo en el extremo occidental, el perfil de Piquer et al., (2010) inmediatamente al E, y finalmente la sección de Mescua et al.(2014) en la vertiente argentina del orógeno.

## 13 Conclusiones

La evolución tectónica de la Cuenca de Abanico, en particular el proceso de inversión registrado en el Mioceno, generó, en la zona estudiada, bloques estructurales delimitados por fallas inversas, que dieron origen a depocentros donde se alojaron las unidades neógenas que componen las secuencias estudiadas.

Tanto la litología como las edades obtenidas para las rocas de la Unidad Corona del Fraile (Mioceno Inferior) permite agruparlas como parte de la Formación Farellones, la cual no había sido reconocida al sur del Río Tinguiririca.

Durante la inversión de la cuenca ocurren procesos de drenaje y sedimentación que dan origen a facies fluvio-lacustres originadas por el retrabajo de (1) rocas volcánicas de la propia Fm. Farellones y (2) unidades subyacentes correspondientes a la Fm. Abanico, exhumadas y erosionadas en respuesta a la inversión de la cuenca. Esto se registra en las dos familias de edades de los circones datados en la muestra AH-A (facies lacustre). La más reciente corresponde al Mioceno inferior (edad máxima de depositación en ambiente lacustre) y la segunda al Eoceno superior (edad de las rocas de la Fm. Abanico que fueron retrabajadas y luego depositadas en el Mioceno).

La falla El Venado limita por el W el bloque que alojó las rocas volcánicas pertenecientes a la Unidad Corona del Fraile. Esta falla es parte de una estructura regional cuya traza puede continuarse por fotointerpretación hacia el norte y hacia el sur de la zona de estudio siguiendo una franja de apretados pliegues.

El basculamiento hacia el SW de los estratos de la Unidad Corona del Fraile es de origen tectónico, causado por el rechazo de la falla Corona del Fraile, la cual limita el bloque estructural por el E. Este evento deformativo puede acotarse al post-Mioceno inferior, que es la edad obtenida para este depósito.

La relación de corte del intrusivo indica que la actividad magmática, en la zona estudiada, continuó incluso después de depositados y basculados los estratos de la unidad Corona del Fraile, es decir post-Mioceno inferior.

La edad de obtenida por trazas de fisión en apatitos por Farías et al. (2008) se interpreta como la edad de exhumación del núcleo del anticlinal Río Claro. Considerando que la deformación que afectó a las unidades de edad eocena (Fm. Abanico) ocurrió con anterioridad a su exhumación a los  $15.8 \pm 3.1$  Ma, y que la deformación de las unidades de edad miocena

(Corona del Fraile), ocurrió posterior a los 16,6 Ma, se concluye que los períodos de deformación para estas dos unidades no fueron contemporáneos en la zona de estudio. Las edades obtenidas para las rocas de facies lacustres y para las volcanitas piroclásticas evidencian la que procesos de volcanismo, drenaje y sedimentación coexistieron en esta fase tectónica.

## 14 Bibliografía

Aguirre, L. 1960 "Geología de Los Andes de Chile Central, provincia de Aconcagua". Instituto de investigaciones geológicas, Santiago, Chile. Boletín N°9, 70p.

Charrier, R.; Baeza, O.; Elgueta, S.; Flynn, J.; Gans, P.; Kay, S.; Muñoz, N.; Wyss, A.; Zurita, E., 2002. "Evidence for extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern central Andes, Chile (33-36° S.L.)". *Journal of South American Earth Science*, v-15, p 117-139.

Charrier, R.; Bustamante, M.; Comte, D.; Elgueta, S.; Flynn, J.; Iturra, N.; Muñoz, N.; Pardo, M.; Thiele, R.; Wyss, A. 2005. "The Abanico extensional basin: regional extension, chronology of tectonic inversion and relation to shallow seismic activity and Andean uplift". *Neues Jahrbuch Fur Geologie Und Paleontologie-Abhandlugen*, v.236, P 43-77.

Charrier, R.; Farías, M.; Maksaez, V. 2009. "Evolución tectónica, paleogeográfica y metalogénica durante el cenozoico en los andes de Chile norte y central e implicancias para las regiones adyacentes de Bolivia y Argentina" *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (1): 5-35.

Drake, R., Charrier, R., Thiele, R., Munizaga, F., Padilla, H. Vergara, M. 1982. "Distribución y edades K-Ar de volcanitas post-Neocomianas en la Cordillera Principal entre 32° y 36° L.S. Implicaciones estratigráficas y tectónicas para el Meso-Cenozoico de Chile Central". *Actas III Congreso Geológico Chileno, Concepción*, vol. 1, pp. D42-D78

Farías, M.; Charrier, R.; Carretier, S.; Martinod, J.; Fock, A.; Campbell, D.; Cáceres, J.; Comte, D. 2008: "Late Miocene high and rapid surface uplift and its erosional response in the Andes of central Chile, (33°-35°S)". *Tectonics*, vol. 27, TC:1005, doi:10.1029/2006TC002046

Farías, M; Comte, D; Charrier, R; Martinod, J; David, C; Tassara, A.; Tapia, F; Fock, A. 2010: "Crustal-scale structural architecture in central Chile based on seismicity and surface geology: implications for Andean mountain building." *Tectonics*, Vol (29), TC 3006.

Fock, A. 2005 "Cronología y tectónica de exhumación en el neógeno de Los Andes de Chile central entre los 33° y los 34°S". Tesis, Departamento de Geología. Universidad de Chile.

Godoy, E. and Lara, L., 1994. "Segmentación estructural andina a los 33°-34°S: nuevos datos en la Cordillera Principal". *Proc. 7th Congreso Geológico Chileno, Concepción*, 2, 1344, 1348.

- Godoy, E., Yañez, G., Vera, E. 1999 "Inversion of an Oligocene volcano-tectonic basin and uplifting of its superimposed Miocene magmatic arc in the Chilean Central Andes: first seismic and gravity evidences". *Tectonophysics*, 306, 217-236
- González, O. y Vergara, M. 1962: "Reconocimiento geológico de la Cordillera de Los Andes entre los paralelos 35° y 38° latitud sur". Instituto de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- González, A. 2008. "Análisis estructural entre los valles del Río Tinguiririca y Teno, Cordillera Principal de Chile central: Microsismicidad y geología superficial".
- Hurtado, A. 2003: "Geología de la Cordillera de Los Andes entre los ríos Teno y Colorado, provincia de Curicó: Una contribución a la estratigrafía del Cenozoico"
- Kay, S.M., Kurtz, A. 1995 "Magmatic and tectonic characterization of the El Teniente region. CODELCO (unpublished report), 180 pp.
- Klohn, C. 1960. Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central, Provincia de Santiago, Colchagua y Curicó. Instituto de Investigaciones Geológicas, Santiago, Boletín N°8, 95p.
- Mescua, José F.; Giambiagi, L.; Tassara, A.; Gimenez, M.; Ramos, V. 2014. "Influence of pre-Andean history over Cenozoic foreland deformation: structural styles in the Malargüe fold and thrust belt at 35°S, Andes of Argentina."
- Munizaga, F. y Vicente, J.C. 1982. "Acerca de la zonación plutónica y del volcanismo miocénico en los Andes de Aconcagua (32°-33° S): datos radiométricos K/Ar –Rev. Geol. Chile 16: 3-21."
- Muñoz-Sáez, C.; Pinto, L.; Charrier, R; Nalpas, T. 2014. "Influence of depositional load on the development of a shortcut fault system during the inversion of an extensional basin: The Eocene-Oligocene Abanico Basin case, central Chile Andes (33°-35°S)"
- Nyström, J; Parada, M.A.; Vergara, M. 1993: "Sr-Nd isotope compositions of cretaceous to miocene volcanic rocks of central Chile: a trend towards MORB signature and a reversal with time". Proc. Sec. int.symp. Andean Geodynamics (ISAG), Oxford, England, Ed. ORSTOM: 21-23.
- Parada, R. 2008. "Análisis estructural del borde oriental de la Cuenca de Abanico en el valle del Río Teno, 7° región". Departamento de Geología, Universidad de Chile.

Piquer, J. Castelli, J.C.; Charrier, R.; Yañez, G. 2010. “El Cenozoico del alto Río Teno, Cordillera Principal, Chile central: estratigrafía, plutonismo y su relación con estructuras profundas.”

Rivano G., Sergio; Godoy P.-B., Estanislao; Vergara M., Mario; Villarroel R., Renato. 1990. “Redefinición de la formación Farellones en la Cordillera de los Andes de Chile Central, 32°-34°S”. Revista Geológica de Chile, Volumen 17, numero 2.

Sruoga, P., Rubinstein, N.A., Etcheverria, M.P., Cegarra, M., Kay, S.M., Singer, B. and Lee, J. 2008. “Estadio Inicial del arco volcánico neógeno en la Cordillera Principal de Mendoza (35°S)” Rev. de la Asociación Geológica Argentina V63 P.454-469.

Tapia, F. 2010. “Análisis estructural del sector occidental de la Faja Plegada y Corrida de Malargüe, en el curso superior del Río Colorado de Lontué (35°18', 35°23' S), Región del Maule, Chile”.

Vergara, M. y Drake, R. 1979: “Edades K/Ar en secuencias volcánicas continentales postneocomianas de Chile central; su depositación en cuencas intermontanas restringidas”.

Zapatta, F. 1995. “Nuevos antecedentes estratigráficos y estructura del área de Termas del Flaco, valle del Río Tinguiririca, VI Región, Chile”.

# Anexo

## Tabla de datos de análisis U-Pb muestra AH-A

Clean	CORRECTED RATIOS2												CORRECTED AGES (Ma)								
	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	207Pb/206Pb	±2s abs	07Pb/235U	±2s abs	206Pb/238U	±2s abs	08Pb/232T	±2s abs	Rho	206Pb/23	±2s	07Pb/235U	±2s	7Pb/206Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
Zircon_001_Af	890	5520	0.617	0.0482	0.0015	0.03361	0.00047	0.005222	0.000063	0.00159	0.00005	0.796	33.6	0.4	33.56	0.46	33.62	0.36	33.6	0.4	-0.06
Zircon_002	282	162.2	0.575	0.069	0.0083	0.037	0.0019	0.00557	0.00022	0.00170	0.00030	0.873	35.8	1.4	36.9	1.9	36.9	1.2	35.8	1.4	2.98
Zircon_003	169	156.3	0.925	0.276	0.024	0.0343	0.0026	0.00529	0.00039	0.00154	0.00045	0.900	34	2.5	34.2	2.6	48.5	2.4	34.0	2.5	0.58
Zircon_004	234	171.6	0.733	0.098	0.011	0.037	0.0017	0.00573	0.00026	0.00142	0.00029	0.900	36.8	1.7	36.9	1.7	39.3	1.6	36.8	1.7	0.27
Zircon_005	122	52.6	0.431	0.095	0.016	0.0387	0.0018	0.00597	0.00028	0.00065	0.00067	0.965	38.4	1.8	38.6	1.8	41.8	1.6	38.4	1.8	0.52
Zircon_006	190	146	0.768	0.117	0.02	0.0388	0.0022	0.006	0.00034	0.00173	0.00050	0.900	38.5	2.2	38.6	2.2	42.8	1.7	38.5	2.2	0.26
Zircon_007	257.7	255.9	0.993	0.0577	0.0078	0.033	0.0013	0.00512	0.0002	0.00141	0.00021	0.900	32.9	1.3	32.9	1.3	33.9	1.2	32.9	1.3	0.00
Zircon_008	260.9	176.3	0.676	0.0704	0.0084	0.0388	0.0017	0.00604	0.00025	0.00173	0.00022	0.754	38.8	1.6	38.7	1.6	40.1	1.4	38.8	1.6	-0.26
Zircon_009	174.9	102.6	0.587	0.098	0.021	0.0363	0.0024	0.00563	0.00037	0.00121	0.00058	0.900	36.2	2.3	36.2	2.3	39.7	1.8	36.2	2.3	0.00
Zircon_010	407	439	1.079	0.08	0.02	0.0363	0.0021	0.00563	0.00033	0.00174	0.00026	0.900	36.2	2.1	36.2	2.1	38.1	1.5	36.2	2.1	0.00
Zircon_011	149.5	88.5	0.592	0.118	0.017	0.0375	0.0014	0.00581	0.00022	0.00084	0.00069	0.900	37.4	1.4	37.4	1.4	41.3	1.1	37.4	1.4	0.00
Zircon_012	264.5	162	0.612	0.081	0.013	0.0384	0.0014	0.00595	0.00021	0.00136	0.00038	0.900	38.2	1.4	38.3	1.3	39.9	1.1	38.2	1.4	0.26
Zircon_013	443	499	1.126	0.0634	0.0073	0.0366	0.0012	0.00568	0.00018	0.00157	0.00012	0.900	36.5	1.2	36.5	1.2	37.19	0.85	36.5	1.2	0.00
Zircon_014	294	219	0.745	0.077	0.011	0.0375	0.0012	0.0058	0.00018	0.00151	0.00028	0.900	37.3	1.2	37.3	1.1	38.64	0.87	37.3	1.2	0.00
Zircon_015	317	240.8	0.760	0.0763	0.0085	0.0365	0.0011	0.00566	0.00016	0.00164	0.00019	0.900	36.4	1	36.4	1	38.01	0.88	36.4	1.0	0.00
Zircon_016	280.6	133.8	0.477	0.085	0.01	0.0369	0.0014	0.00571	0.00021	0.00154	0.00035	0.900	36.7	1.3	36.8	1.3	38.9	1.3	36.7	1.3	0.27
Zircon_017	965	1139	1.180	0.0701	0.0078	0.03364	0.00089	0.00522	0.00014	0.00154	0.00009	0.900	33.6	0.92	33.59	0.88	34.71	0.56	33.6	0.9	0.03
Zircon_018	127.2	55.8	0.439	0.315	0.023	0.0416	0.0028	0.00629	0.00043	0.00000	0.00140	0.928	40.4	2.7	41.4	2.8	62.3	2.4	40.4	2.7	2.42
Zircon_019	701	443	0.632	0.0627	0.0051	0.03741	0.00072	0.0058	0.00011	0.00170	0.00016	0.900	37.3	0.74	37.29	0.7	38.24	0.56	37.3	0.7	0.03
Zircon_020	436	354	0.812	0.086	0.01	0.0359	0.0011	0.00557	0.00017	0.00165	0.00018	0.900	35.8	1.1	35.8	1.1	37.85	0.89	35.8	1.1	0.00
Zircon_021	1205	1610	1.336	0.069	0.01	0.01638	0.00048	0.002562	0.000076	0.00075	0.00006	0.900	16.5	0.49	16.5	0.48	17.07	0.35	16.5	0.5	0.00
Zircon_022	73.5	26.78	0.364	0.147	0.045	0.037	0.0034	0.00561	0.00058	0.00010	0.00240	0.973	36.1	3.7	36.8	3.3	43.2	2.3	36.1	3.7	1.90
Zircon_023	58.3	24.7	0.424	0.197	0.058	0.0381	0.0053	0.00583	0.00084	-0.00130	0.00270	0.988	37.5	5.4	37.9	5.2	46.9	3.5	37.5	5.4	1.06
Zircon_024	801	763	0.953	0.0757	0.0093	0.01824	0.00066	0.00285	0.0001	0.00091	0.00011	0.900	18.4	0.67	18.35	0.65	18.99	0.38	18.4	0.7	0.00
Zircon_025	444	381	0.858	0.129	0.021	0.0364	0.0022	0.00563	0.00033	0.00142	0.00030	0.900	36.2	2.1	36.2	2.1	40.1	2.1	36.2	2.1	0.00
Zircon_026	283.7	191.6	0.675	0.244	0.024	0.016	0.0012	0.00245	0.00017	0.00029	0.00034	0.874	15.8	1.1	16.1	1.2	21.6	1	15.8	1.1	1.86
Zircon_027	370.2	240.6	0.650	0.0798	0.0074	0.0361	0.0012	0.0056	0.00018	0.00153	0.00021	0.900	36	1.2	36	1.1	37.77	0.85	36.0	1.2	0.00
Zircon_028	156	99.5	0.638	0.169	0.043	0.033	0.0031	0.00511	0.00048	0.00074	0.00092	0.900	32.8	3.1	32.9	3	39.1	1.4	32.8	3.1	0.30
Zircon_029	937	1392	1.486	0.062	0.0056	0.03435	0.00068	0.00533	0.0001	0.00158	0.00007	0.900	34.2	0.67	34.3	0.66	34.96	0.57	34.2	0.7	0.17
Zircon_030	812	664.3	0.818	0.0585	0.007	0.03613	0.00091	0.0056	0.00014	0.00162	0.00011	0.900	36	0.91	36.04	0.9	36.65	0.82	36.0	0.9	0.03
Zircon_031	244.3	126.6	0.518	0.129	0.016	0.0335	0.0017	0.0052	0.00025	0.00115	0.00052	0.900	33.4	1.6	33.5	1.6	37.7	1.5	33.4	1.6	0.30
Zircon_032	333.8	286	0.857	0.1027	0.0092	0.0354	0.0013	0.00549	0.0002	0.00164	0.00022	0.900	35.3	1.3	35.3	1.3	38.3	1.1	35.3	1.3	0.00
Zircon_033	295.5	225	0.761	0.0653	0.0097	0.0378	0.0014	0.00582	0.00021	0.00156	0.00024	0.946	37.4	1.3	37.7	1.4	38.2	1.1	37.4	1.3	0.80
Zircon_034	147.9	87.8	0.594	0.09	0.019	0.0357	0.0019	0.00554	0.00029	0.00144	0.00074	0.900	35.6	1.9	35.6	1.9	38.1	1.3	35.6	1.9	0.00
Zircon_035	1954	2870	1.469	0.0647	0.0038	0.0376	0.00057	0.005829	0.000094	0.00182	0.00005	0.900	37.5	0.61	37.48	0.56	38.41	0.4	37.5	0.6	0.05
Zircon_036	710	740	1.042	0.0644	0.009	0.03267	0.00095	0.00508	0.00015	0.00149	0.00014	0.900	32.7	0.95	32.64	0.93	33.51	0.74	32.7	1.0	-0.03
Zircon_037	299.8	233.5	0.779	0.079	0.013	0.0369	0.0013	0.00572	0.00021	0.00146	0.00029	0.900	36.8	1.3	36.8	1.3	38.82	0.98	36.8	1.3	0.00
Zircon_038	291	161.1	0.554	0.085	0.011	0.0381	0.0014	0.0059	0.00021	0.00171	0.00037	0.900	37.9	1.4	38	1.3	40.11	0.97	37.9	1.4	0.26
Zircon_039	561	612	1.091	0.132	0.016	0.0369	0.0011	0.00572	0.00017	0.00180	0.00013	0.900	36.8	1.1	36.8	1.1	41.6	1.3	36.8	1.1	0.00
Zircon_040	354	347	0.980	0.1113	0.0096	0.0375	0.0017	0.00581	0.00025	0.00167	0.00024	0.900	37.3	1.6	37.4	1.6	41.3	1.5	37.3	1.6	0.27
Zircon_041	309	261	0.845	0.0816	0.0095	0.0364	0.0013	0.00564	0.0002	0.00167	0.00021	0.900	36.3	1.3	36.3	1.2	38.1	1.2	36.3	1.3	0.00
Zircon_042	112.7	61.3	0.544	0.143	0.022	0.0377	0.0019	0.00582	0.00029	0.00067	0.00069	0.900	37.4	1.8	37.5	1.8	42.5	1.4	37.4	1.8	0.27
Zircon_043	48.2	37.5	0.778	0.405	0.047	0.0378	0.0037	0.00498	0.00063	-0.00040	0.00130	0.736	32	4.1	37.6	3.7	53.0	23.0	32.0	4.1	14.89
Zircon_044	173.4	96.4	0.556	0.075	0.01	0.0375	0.0014	0.00581	0.00022	0.00129	0.00041	0.900	37.4	1.4	37.4	1.4	39.2	1.1	37.4	1.4	0.00
Zircon_045	127.1	45.4	0.357	0.275	0.016	0.0409	0.0022	0.00628	0.00032	0.00170	0.00110	0.900	40.4	2	40.6	2.1	57	1.5	40.4	2.0	0.49
Zircon_046	195.6	109.9	0.562	0.0668	0.0099	0.0379	0.0013	0.00587	0.0002	0.00145	0.00033	0.900	37.7	1.3	37.8	1.2	39.1	1	37.7	1.3	0.26
Zircon_047	94.4	37.2	0.394	0.215	0.026	0.0396	0.0027	0.00611	0.00041	0.00030	0.00130	0.900	39.2	2.6	39.4	2.6	50	2	39.2	2.6	0.51
Zircon_048	167	89	0.533	0.102	0.02	0.0385	0.0032	0.00596	0.00049	0.00120	0.00067	0.900	38.3	3.1	38.3	3.1	41.3	2.7	38.3	3.1	0.00

Zircon_049	156,1	80,8	0,518	0,116	0,013	0,036	0,0014	0,00557	0,00022	0,00141	0,00046	0,900	35,8	1,4	35,9	1,4	40,6	1,2	35,8	1,4	0,28
Zircon_050	245	146	0,596	0,082	0,015	0,0364	0,0016	0,00564	0,00026	0,00167	0,00043	0,900	36,3	1,6	36,3	1,6	37,9	1,1	36,3	1,6	0,00
Zircon_051	627	444	0,708	0,0519	0,0048	0,0363	0,0012	0,00569	0,00013	0,00171	0,00014	0,927	36,6	0,81	36,2	1,2	37,8	1,5	36,6	0,8	-0,97
Zircon_052	363	189,5	0,522	0,066	0,0076	0,0364	0,0011	0,00565	0,00017	0,00145	0,00025	0,900	36,3	1,1	36,3	1,1	37,43	0,93	36,3	1,1	0,00
Zircon_053	464	256	0,552	0,122	0,025	0,0177	0,0012	0,00276	0,00018	0,00060	0,00033	0,900	17,8	1,2	17,8	1,2	19,95	0,74	17,8	1,2	0,00
Zircon_054	242,8	107,2	0,442	0,188	0,014	0,0375	0,0015	0,00579	0,00023	0,00160	0,00050	0,900	37,2	1,4	37,4	1,5	46	1	37,2	1,4	0,53
Zircon_055	166,2	106,4	0,640	0,127	0,016	0,0358	0,0024	0,00555	0,00036	0,00130	0,00060	0,900	35,7	2,3	35,8	2,3	40,7	1,8	35,7	2,3	0,28
Zircon_056	310,4	159,4	0,514	0,0631	0,008	0,0371	0,0013	0,00575	0,0002	0,00153	0,00033	0,900	37	1,3	37	1,3	37,5	1,2	37,0	1,3	0,00
Zircon_057	96,8	67,1	0,693	0,211	0,025	0,0354	0,0022	0,00548	0,00033	0,00069	0,00074	0,900	35,2	2,1	35,3	2,1	44,5	2,2	35,2	2,1	0,28
Zircon_058	2360	3450	1,462	0,048	0,0014	0,03787	0,00045	0,005893	0,00067	0,00178	0,00002	0,917	37,9	0,43	37,74	0,44	37,84	0,37	37,9	0,4	-0,37
Zircon_059	339	255	0,752	0,108	0,011	0,0381	0,0014	0,0059	0,00021	0,00182	0,00024	0,900	37,9	1,3	38	1,3	41,5	1,1	37,9	1,3	0,26
Zircon_060	272,5	116,9	0,429	0,065	0,01	0,0344	0,0012	0,00533	0,00019	0,00156	0,00047	0,900	34,3	1,2	34,3	1,2	35,22	0,84	34,3	1,2	0,00
Zircon_061	623	894	1,435	0,1207	0,0093	0,03601	0,00092	0,00558	0,00014	0,00157	0,00009	0,900	35,9	0,91	35,92	0,9	39,83	0,86	35,9	0,9	0,17
Zircon_062	199,9	97,2	0,486	0,083	0,014	0,0359	0,0018	0,00557	0,00027	0,00137	0,00056	0,900	35,8	1,7	35,8	1,7	37,9	1,6	35,8	1,7	0,00
Zircon_063	301,8	208,9	0,692	0,078	0,0091	0,0341	0,0013	0,00529	0,0002	0,00154	0,00029	0,900	34	1,3	34,1	1,3	35,6	1,2	34,0	1,3	0,29
Zircon_064	138	63,7	0,462	0,099	0,019	0,038	0,0019	0,00589	0,00029	0,00094	0,00076	0,900	37,8	1,9	37,9	1,8	40,8	1,3	37,8	1,9	0,26
Zircon_065	7300	12650	1,733	0,0517	0,0014	0,03464	0,00031	0,005382	0,00049	0,00165	0,00002	0,930	34,6	0,31	34,58	0,31	34,84	0,26	34,6	0,3	-0,06
Zircon_066	161,2	68,2	0,423	0,081	0,015	0,037	0,0017	0,00573	0,00026	0,00122	0,00063	0,900	36,8	1,7	36,9	1,7	38,6	1,3	36,8	1,7	0,27
Zircon_067	400	298	0,745	0,1056	0,0093	0,0379	0,0015	0,00586	0,00022	0,00154	0,00020	0,900	37,7	1,4	37,7	1,4	40,3	1,2	37,7	1,4	0,00
Zircon_068	227,9	97,8	0,429	0,0731	0,008	0,0386	0,0012	0,00602	0,00018	0,00109	0,00032	0,935	38,7	1,2	38,4	1,2	39,76	0,97	38,7	1,2	-0,78
Zircon_069	223	105,1	0,471	0,125	0,012	0,0355	0,0011	0,00551	0,00016	0,00108	0,00046	0,900	35,4	1	35,5	1	39,2	1	35,4	1,0	0,28
Zircon_070	211,4	176	0,833	0,092	0,01	0,0364	0,0013	0,00564	0,0002	0,00146	0,00033	0,900	36,2	1,3	36,3	1,3	38,6	1,2	36,2	1,3	0,28
Zircon_071	1218	1863	1,530	0,0518	0,0025	0,03631	0,00045	0,005665	0,00074	0,00180	0,00004	0,814	36,4	0,47	36,22	0,44	36,72	0,51	36,4	0,5	-0,52
Zircon_072	162	87,2	0,538	0,137	0,02	0,0376	0,0018	0,00581	0,00027	0,00125	0,00072	0,900	37,4	1,8	37,4	1,7	41,9	1,2	37,4	1,8	0,00
Zircon_073	251	174	0,693	0,078	0,0081	0,0381	0,0011	0,0059	0,00017	0,00162	0,00025	0,900	37,9	1,1	37,9	1,1	39,3	1	37,9	1,1	0,00
Zircon_074	217,1	127,1	0,585	0,1025	0,0067	0,0354	0,0011	0,00548	0,00017	0,00119	0,00022	0,900	35,3	1,1	35,3	1,1	37,7	1,1	35,3	1,1	0,00
Zircon_075	290	243	0,838	0,314	0,025	0,0376	0,0015	0,00579	0,00023	0,00178	0,00058	0,900	37,2	1,4	37,5	1,5	58,8	3,8	37,2	1,4	0,80
Zircon_076	283	258	0,912	0,0643	0,0073	0,0736	0,0019	0,01126	0,00028	0,00328	0,00029	0,876	72,2	1,8	72,1	1,8	74,8	2	72,2	1,8	-0,14
Zircon_077	2400	2220	0,925	0,0969	0,0056	0,03516	0,00054	0,005453	0,000083	0,00161	0,00007	0,900	35,1	0,54	35,09	0,53	37,57	0,62	35,1	0,5	0,11
Zircon_078	285	132	0,463	0,152	0,011	0,037	0,0014	0,00573	0,00021	0,00171	0,00034	0,900	36,8	1,4	36,9	1,4	42,7	1,2	36,8	1,4	0,27
Zircon_079	168	66	0,393	0,18	0,04	0,0397	0,0028	0,00613	0,00044	0,00200	0,00140	0,900	39,4	2,8	39,5	2,8	48,3	1,3	39,4	2,8	0,25
Zircon_080	380	237,4	0,625	0,0629	0,0065	0,0375	0,001	0,00581	0,00016	0,00156	0,00016	0,900	37,4	1	37,38	0,99	38,51	0,77	37,4	1,0	-0,05
Zircon_081	119	74	0,622	0,194	0,027	0,0389	0,0034	0,006	0,00052	0,00107	0,00077	0,900	38,6	3,3	38,7	3,4	48,1	3,1	38,6	3,3	0,26
Zircon_082	1750	4090	2,337	0,0531	0,0042	0,0365	0,001	0,00569	0,00016	0,00176	0,00008	0,962	36,6	1	36,4	1	36,9	1,2	36,6	1,0	-0,55
Zircon_083	125,1	66,3	0,530	0,162	0,025	0,0343	0,0024	0,00531	0,00036	0,00114	0,00089	0,900	34,2	2,3	34,3	2,3	41,3	2	34,2	2,3	0,29
Zircon_084	445	57,2	0,497	0,455	0,035	0,053	0,013	0,00644	0,00046	0,00340	0,00170	0,376	39,5	2,9	52	4,3	680	440	39,5	2,9	24,04
Zircon_085	65,1	31	0,476	0,313	0,034	0,0383	0,0032	0,00566	0,00055	-0,00060	0,00200	0,932	36,4	3,5	38,2	3,2	57,5	3,5	36,4	3,5	4,71
Zircon_086	2360	3620	1,534	0,0477	0,0023	0,03684	0,00063	0,00568	0,000095	0,00171	0,00004	0,624	36,5	0,61	36,73	0,61	35,6	1,6	36,5	0,6	0,60
Zircon_087	369	262,6	0,712	0,0647	0,0085	0,03692	0,00084	0,00573	0,00013	0,00165	0,00019	0,900	36,8	0,84	36,81	0,82	37,35	0,74	36,8	0,8	0,03
Zircon_088	473	341	0,721	0,0634	0,0066	0,0379	0,0011	0,00587	0,00017	0,00169	0,00015	0,900	37,7	1,1	37,8	1,1	38,67	0,92	37,7	1,1	0,26
Zircon_089	132	89,7	0,680	0,109	0,013	0,0403	0,0016	0,00623	0,00024	0,00160	0,00044	0,900	40,1	1,5	40,1	1,5	43,9	1,4	40,1	1,5	0,00
Zircon_090	299	205	0,686	0,0652	0,0084	0,0385	0,0012	0,00596	0,00018	0,00154	0,00021	0,900	38,3	1,2	38,3	1,1	39,6	0,84	38,3	1,2	0,00
Zircon_091	193,6	123,5	0,638	0,092	0,021	0,0383	0,0031	0,00594	0,00048	0,00151	0,00035	0,900	38,1	3,1	38,2	3,1	41,3	2,2	38,1	3,1	0,26
Zircon_092	1150	1170	1,017	0,0863	0,009	0,01663	0,00068	0,0026	0,00011	0,00079	0,00010	0,900	16,7	0,68	16,74	0,68	17,71	0,77	16,7	0,7	0,06
Zircon_093	411	306	0,745	0,197	0,024	0,01513	0,00071	0,00236	0,00011	0,00055	0,00023	0,900	15,2	0,71	15,25	0,71	18,96	0,86	15,2	0,7	0,20
Zircon_094	432	367	0,850	0,172	0,012	0,0365	0,0011	0,00565	0,00018	0,00177	0,00041	0,900	36,3	1,2	36,4	1,1	43,32	0,58	36,3	1,2	0,27

# Tabla de datos de análisis U-Pb muestra AH-B

Clean	CORRECTED RATIOS2											CORRECTED AGES (Ma)									
	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s abs	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s abs	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s abs	<sup>108</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	±2s abs	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	±2s	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	±2s	Best age (Ma)	±2s	Disc %
Zircon_001_AH-B	194.6	154.3	0.793	0.0464	0.000014	0.0191	0.001	0.00299	0.00016	0.00040	0.00027	0.900	19.2	1	19.2	1	20.88	0.74	19.2	1.0	0.00
Zircon_002	217.8	266	1.221	0.0464	0.000016	0.0175	0.0012	0.00274	0.00019	0.00059	0.00018	0.900	17.6	1.2	17.6	1.2	18.69	0.83	17.6	1.2	0.00
Zircon_003	266.5	147.7	0.554	0.0464	0.000015	0.0185	0.001	0.00289	0.00016	0.00037	0.00036	0.900	18.6	1.1	18.6	1	19.91	0.78	18.6	1.1	0.00
Zircon_004	92	62.3	0.677	0.0465	0.000036	0.0186	0.0021	0.00285	0.00032	0.00004	0.00061	0.964	18.3	2	18.7	2	21.6	1.8	18.3	2.0	2.14
Zircon_005	88.9	49.4	0.556	0.0465	0.000032	0.0189	0.0019	0.00299	0.00032	-0.00010	0.00077	0.983	19.2	2.1	19	1.9	23	1.7	19.2	2.1	-1.05
Zircon_006	464	84	0.512	0.0462	0.000786	0.0229	0.0049	0.00302	0.00024	-0.00046	0.00120	0.644	49.5	2.2	22	4.9	480	240	49.5	2.2	45.22
Zircon_007	421	233.5	0.555	0.0464	0.000010	0.01711	0.00079	0.00267	0.00013	0.00063	0.00027	0.900	17.22	0.81	17.23	0.79	18.1	0.51	17.2	0.8	0.06
Zircon_008	376	340	0.904	0.0464	0.000010	0.0178	0.00085	0.00278	0.00014	0.00075	0.00015	0.900	17.91	0.87	17.91	0.85	18.57	0.51	17.9	0.9	0.00
Zircon_009	328.4	193.2	0.588	0.0464	0.000020	0.0153	0.0014	0.0024	0.00022	0.00026	0.00034	0.900	15.4	1.4	15.5	1.4	19.5	1.1	15.4	1.4	0.65
Zircon_010	958	865	0.903	0.0464	0.000009	0.01684	0.00056	0.002633	0.000089	0.00070	0.00008	0.900	16.95	0.57	16.96	0.56	17.97	0.47	17.0	0.6	0.06
Zircon_011	606.5	372.3	0.614	0.0464	0.000007	0.01749	0.0005	0.002735	0.000081	0.00073	0.00010	0.900	17.6	0.52	17.61	0.5	18.07	0.38	17.6	0.5	0.06
Zircon_012	475	255.8	0.539	0.0464	0.000011	0.01733	0.00079	0.00271	0.00012	0.00058	0.00022	0.900	17.43	0.8	17.44	0.78	18.53	0.56	17.4	0.8	0.06
Zircon_013	495	299.4	0.605	0.0464	0.000010	0.01678	0.00068	0.00262	0.00011	0.00070	0.00021	0.900	16.89	0.69	16.9	0.68	17.77	0.52	16.9	0.7	0.06
Zircon_014	830	1496	1.802	0.0464	0.000011	0.01703	0.00078	0.00266	0.00012	0.00076	0.00005	0.900	17.12	0.8	17.15	0.78	20.49	0.59	17.1	0.8	0.17
Zircon_015	558.3	660.5	1.183	0.0464	0.000010	0.01672	0.0007	0.00261	0.00011	0.00069	0.00010	0.900	16.83	0.71	16.84	0.7	17.86	0.51	16.8	0.7	0.06
Zircon_016	262.7	196	0.746	0.0465	0.000020	0.0199	0.0012	0.00311	0.00019	0.00065	0.00029	0.900	20	1.2	20	1.2	21.4	1	20.0	1.2	0.00
Zircon_017	291	442	1.519	0.0464	0.000014	0.0166	0.0012	0.0026	0.0002	0.00077	0.00025	0.900	16.7	1.3	16.7	1.2	17.82	0.72	16.7	1.3	0.00
Zircon_018	116.1	80.9	0.697	0.0473	0.001800	0.0167	0.002	0.00258	0.00035	-0.00012	0.00066	0.980	16.6	2.3	16.8	2	20.9	1.5	16.6	2.3	1.19
Zircon_019	221	106.7	0.483	0.0464	0.000017	0.017	0.0013	0.00262	0.00021	0.00014	0.00059	0.970	16.9	1.4	17.1	1.3	19.51	0.87	16.9	1.4	1.17
Zircon_020	172	167	0.971	0.0465	0.000029	0.0176	0.0016	0.00272	0.00025	0.00030	0.00032	0.900	17.5	1.6	17.7	1.6	21.2	1.5	17.5	1.6	1.13
Zircon_021	305	162.9	0.534	0.0464	0.000013	0.01702	0.00077	0.00266	0.00012	0.00035	0.00024	0.900	17.12	0.78	17.13	0.77	18.4	0.65	17.1	0.8	0.06
Zircon_022	564	510	0.904	0.0464	0.000012	0.01623	0.00086	0.00259	0.00012	0.00064	0.00017	0.716	16.66	0.76	16.34	0.86	17.15	0.64	16.7	0.8	-1.96
Zircon_023	381	772	2.026	0.0464	0.000013	0.01674	0.00085	0.00262	0.00013	0.00072	0.00009	0.900	16.84	0.87	16.86	0.85	18.79	0.67	16.8	0.9	0.12
Zircon_024	694	687	0.990	0.0464	0.000012	0.0173	0.00076	0.0027	0.00012	0.00067	0.00011	0.900	17.41	0.78	17.41	0.76	18.01	0.63	17.4	0.8	0.00
Zircon_025	244.7	222.4	0.909	0.0464	0.000017	0.0175	0.0014	0.00273	0.00022	0.00058	0.00031	0.900	17.6	1.4	17.6	1.4	19	0.89	17.6	1.4	0.00
Zircon_026	314	184.4	0.587	0.0464	0.000018	0.0174	0.0012	0.00272	0.00019	0.00024	0.00034	0.900	17.5	1.2	17.5	1.2	19.46	0.92	17.5	1.2	0.00
Zircon_027	432.1	236.5	0.547	0.0474	0.000043	0.0682	0.002	0.01043	0.0003	0.00265	0.00040	0.900	66.9	1.9	66.9	1.9	68.7	2.2	66.9	1.9	0.00
Zircon_028	1248	2006	1.607	0.0464	0.000007	0.01857	0.00042	0.002901	0.00007	0.00083	0.00004	0.900	18.67	0.45	18.69	0.42	20.48	0.33	18.7	0.5	0.11
Zircon_029	381	217.1	0.570	0.0464	0.000012	0.01684	0.00079	0.00263	0.00013	0.00052	0.00027	0.900	16.95	0.8	16.96	0.79	18.15	0.63	17.0	0.8	0.06
Zircon_030	706	547	0.775	0.0464	0.000010	0.01641	0.00064	0.00257	0.0001	0.00068	0.00013	0.900	16.52	0.66	16.53	0.64	17.29	0.5	16.5	0.7	0.06
Zircon_031	1570	4260	2.713	0.0464	0.000008	0.01614	0.00043	0.002525	0.000068	0.00073	0.00003	0.900	16.26	0.44	16.26	0.42	16.89	0.42	16.3	0.4	0.00
Zircon_032	473	298.3	0.631	0.0464	0.000007	0.01584	0.00053	0.002478	0.000085	0.00062	0.00019	0.900	15.95	0.55	15.96	0.53	16.77	0.36	16.0	0.6	0.06
Zircon_033	243.3	272.6	1.120	0.0464	0.000013	0.0166	0.001	0.0026	0.00016	0.00044	0.00015	0.900	16.7	1	16.7	1	18.55	0.7	16.7	1.0	0.00
Zircon_034	233.5	251.5	1.077	0.0464	0.000015	0.0164	0.001	0.00256	0.00016	0.00067	0.00023	0.900	16.5	1.1	16.5	1	18.13	0.75	16.5	1.1	0.00
Zircon_035	338.5	373	1.102	0.0464	0.000012	0.01611	0.00082	0.00252	0.00013	0.00055	0.00015	0.900	16.22	0.83	16.23	0.82	17.4	0.6	16.2	0.8	0.06
Zircon_036	157.5	152.4	0.968	0.0464	0.000015	0.0167	0.0015	0.0026	0.00024	0.00037	0.00035	0.971	16.7	1.5	16.8	1.5	19.16	0.8	16.7	1.5	0.60
Zircon_037	226.1	139	0.615	0.0464	0.000015	0.0167	0.001	0.0026	0.00016	0.00044	0.00036	0.900	16.8	1	16.8	1	18.51	0.79	16.8	1.0	0.00
Zircon_038	879	966	1.099	0.0464	0.000010	0.01601	0.00051	0.002504	0.000081	0.00064	0.00008	0.900	16.12	0.52	16.13	0.51	16.9	0.53	16.1	0.5	0.06
Zircon_039	581	361.7	0.623	0.0464	0.000012	0.01707	0.00071	0.00267	0.00011	0.00059	0.00014	0.900	17.17	0.72	17.18	0.7	18	0.6	17.2	0.7	0.06
Zircon_040	429.4	254.1	0.592	0.0464	0.000009	0.01669	0.00074	0.00261	0.00012	0.00045	0.00033	0.900	16.79	0.76	16.98	0.68	18.35	0.48	16.8	0.8	1.12
Zircon_041	208.8	237	1.135	0.0464	0.000019	0.0161	0.0014	0.00251	0.00023	0.00057	0.00020	0.900	16.2	1.4	16.2	1.4	17.98	0.98	16.2	1.4	0.00
Zircon_042	268.7	270.5	1.007	0.0464	0.000016	0.0167	0.0011	0.00261	0.00017	0.00056	0.00025	0.900	16.8	1.1	16.8	1.1	18.65	0.81	16.8	1.1	0.00
Zircon_043	311	521	1.675	0.0464	0.000010	0.01675	0.00093	0.00263	0.00015	0.00066	0.00010	0.900	16.9	0.95	16.91	0.93	17.9	0.54	16.9	1.0	0.06
Zircon_044	74.2	77.8	1.049	0.0538	0.000000	0.021	0.0023	0.00293	0.00043	0.00034	0.00064	0.943	48.9	2.8	24.4	2.2	240	240	48.9	2.8	40.43
Zircon_045	302	564	1.868	0.0464	0.000013	0.01666	0.00072	0.0026	0.00011	0.00066	0.00011	0.900	16.77	0.73	16.78	0.72	18.19	0.67	16.8	0.7	0.06
Zircon_046	220	120.1	0.546	0.0465	0.000025	0.0172	0.0018	0.00263	0.00029	-0.00029	0.00062	0.945	16.9	1.8	17.3	1.8	22.6	1.3	16.9	1.8	2.31
Zircon_047	270.2	160.6	0.594	0.0464	0.000013	0.0172	0.0011	0.00268	0.00017	0.00029	0.00043	0.900	17.3	1.1	17.3	1.1	18.65	0.65	17.3	1.1	0.00

Zircon_048	360.2	214.4	0.595	0.0464	0.000014	0.01812	0.00092	0.00283	0.00014	0.00050	0.00026	0.900	18.22	0.93	18.23	0.92	19.44	0.7	18.2	0.9	0.05
Zircon_049	1727	2550	1.477	0.0464	0.000009	0.01611	0.0005	0.002518	0.000081	0.00074	0.00003	0.900	16.21	0.52	16.22	0.5	18.03	0.44	16.2	0.5	0.06
Zircon_050	339.1	242	0.714	0.0465	0.000016	0.0191	0.0014	0.00298	0.00022	0.00094	0.00021	0.900	19.2	1.4	19.2	1.4	21.92	0.83	19.2	1.4	0.00
Zircon_051	391.2	256.4	0.655	0.0464	0.000015	0.01611	0.00078	0.00252	0.00012	0.00048	0.00020	0.900	16.21	0.78	16.23	0.78	18.86	0.77	16.2	0.8	0.12
Zircon_052	508	465	0.915	0.0474	0.000021	0.0681	0.0012	0.01042	0.00019	0.00307	0.00017	0.900	66.8	1.2	66.9	1.1	67.3	1	66.8	1.2	0.15
Zircon_053	187.4	143.9	0.768	0.0465	0.000027	0.0179	0.0015	0.0028	0.00023	0.00049	0.00048	0.900	18	1.5	18.1	1.5	24.6	1.4	18.0	1.5	0.55
Zircon_054	545.9	354	0.648	0.0464	0.000009	0.01698	0.00054	0.002655	0.000086	0.00067	0.00019	0.900	17.09	0.55	17.1	0.54	18.01	0.44	17.1	0.6	0.06
Zircon_055	365	529	1.449	0.0464	0.000012	0.01745	0.00078	0.00273	0.00012	0.00083	0.00010	0.900	17.56	0.79	17.56	0.77	18.36	0.63	17.6	0.8	0.00
Zircon_056	398	258	0.648	0.0464	0.000010	0.01692	0.00069	0.00264	0.00011	0.00058	0.00022	0.900	17.02	0.71	17.03	0.69	18.37	0.5	17.0	0.7	0.06
Zircon_057	390	292	0.749	0.0464	0.000016	0.0164	0.001	0.00256	0.00016	0.00052	0.00020	0.900	16.5	1	16.5	1	19.69	0.82	16.5	1.0	0.00
Zircon_058	222	162	0.730	0.0473	0.000040	0.0674	0.0024	0.01028	0.00036	0.00338	0.00035	0.986	66	2.3	66.2	2.2	66	2	66.0	2.3	0.30
Zircon_059	345	560	1.623	0.0464	0.000013	0.01693	0.00066	0.00265	0.0001	0.00080	0.00010	0.900	17.04	0.67	17.04	0.66	17.51	0.67	17.0	0.7	0.00
Zircon_060	356	177	0.497	0.0465	0.000019	0.0194	0.0013	0.00302	0.0002	0.00013	0.00044	0.900	19.5	1.3	19.5	1.3	22.8	0.99	19.5	1.3	0.00
Zircon_061	505	765	1.515	0.0464	0.000016	0.01701	0.00089	0.00266	0.00014	0.00079	0.00008	0.900	17.12	0.89	17.13	0.89	17.99	0.83	17.1	0.9	0.06
Zircon_062	244	123.9	0.508	0.0464	0.000014	0.01865	0.00095	0.00291	0.00015	0.00032	0.00036	0.900	18.75	0.96	18.76	0.95	20.55	0.72	18.8	1.0	0.05
Zircon_063	249	180	0.723	0.0464	0.000014	0.01869	0.00077	0.00292	0.00012	0.00054	0.00018	0.900	18.79	0.77	18.8	0.76	19.63	0.74	18.8	0.8	0.05
Zircon_064	167.7	80.67	0.481	0.0464	0.000021	0.0179	0.0014	0.0028	0.00021	0.00046	0.00050	0.900	18	1.4	18.1	1.4	19.1	1.1	18.0	1.4	0.55
Zircon_065	335	370	1.104	0.0464	0.000013	0.01705	0.00075	0.00267	0.00012	0.00052	0.00009	0.900	17.16	0.76	17.17	0.75	18.77	0.69	17.2	0.8	0.06
Zircon_066	519	356	0.686	0.0464	0.000011	0.01742	0.00075	0.00272	0.00012	0.00065	0.00024	0.900	17.52	0.76	17.53	0.74	19	0.59	17.5	0.8	0.06
Zircon_067	408	249	0.610	0.0464	0.000011	0.01761	0.00081	0.00275	0.00013	0.00039	0.00020	0.900	17.71	0.82	17.72	0.81	18.79	0.58	17.7	0.8	0.06
Zircon_068	505	337.3	0.668	0.0464	0.000008	0.01741	0.00049	0.002722	0.00008	0.00072	0.00012	0.900	17.52	0.51	17.53	0.49	18.21	0.4	17.5	0.5	0.06
Zircon_069	321	418	1.302	0.0464	0.000011	0.01757	0.00064	0.00275	0.0001	0.00064	0.00011	0.900	17.68	0.65	17.68	0.63	19	0.55	17.7	0.7	0.00
Zircon_070	489	905	1.851	0.0464	0.000012	0.01685	0.00063	0.002634	0.000099	0.00081	0.00004	0.900	16.96	0.64	16.96	0.63	18	0.62	17.0	0.6	0.00
Zircon_071	542	360	0.664	0.0464	0.000008	0.01678	0.00048	0.002623	0.000077	0.00064	0.00010	0.900	16.89	0.49	16.89	0.48	18.03	0.39	16.9	0.5	0.00
Zircon_072	164.1	121.8	0.742	0.0465	0.000024	0.0182	0.0014	0.0029	0.00022	0.00033	0.00034	0.918	18.7	1.4	18.4	1.4	22.3	1.2	18.7	1.4	-1.63
Zircon_073	657	1656	2.521	0.0464	0.000008	0.01667	0.00047	0.002606	0.000075	0.00078	0.00004	0.900	16.78	0.48	16.78	0.47	17.44	0.39	16.8	0.5	0.00
Zircon_074	685	1115	1.628	0.0464	0.000008	0.01778	0.00049	0.002779	0.000079	0.00078	0.00006	0.900	17.89	0.51	17.9	0.49	18.88	0.4	17.9	0.5	0.06
Zircon_075	144.4	95.1	0.659	0.0464	0.000017	0.017	0.0014	0.00265	0.00022	0.00059	0.00032	0.900	17.1	1.4	17.1	1.4	18.85	0.86	17.1	1.4	0.00
Zircon_076	604	372	0.616	0.0466	0.000011	0.0173	0.0011	0.00269	0.00017	0.00089	0.00025	0.900	17.3	1.1	17.4	1.1	27.96	0.57	17.3	1.1	0.57
Zircon_077	768	522	0.680	0.0464	0.000007	0.01771	0.00043	0.002768	0.00007	0.00064	0.00010	0.900	17.82	0.45	17.82	0.43	18.48	0.35	17.8	0.5	0.00
Zircon_078	384.1	236.5	0.616	0.0464	0.000011	0.01727	0.00059	0.002699	0.000093	0.00058	0.00014	0.900	17.37	0.6	17.38	0.59	18.39	0.59	17.4	0.6	0.06
Zircon_079	141	129.2	0.916	0.0465	0.000039	0.0177	0.0023	0.00276	0.00035	0.00056	0.00035	0.900	17.8	2.3	17.8	2.3	24.6	2	17.8	2.3	0.00
Zircon_080	50.5	25.6	0.507	0.0488	0.003200	0.0179	0.0033	0.00275	0.00051	-0.00120	0.00120	0.985	17.7	3.3	17.9	3.3	64	78	17.7	3.3	1.12
Zircon_081	142.9	153.3	1.073	0.0464	0.000023	0.0178	0.0015	0.00275	0.00024	0.00061	0.00024	0.977	17.7	1.6	17.9	1.5	20.4	1.2	17.7	1.6	1.12
Zircon_082	674	679	1.007	0.0464	0.000011	0.01668	0.00058	0.002608	0.000092	0.00075	0.00007	0.900	16.79	0.59	16.79	0.58	17.83	0.58	16.8	0.6	0.00
Zircon_083	745	438.3	0.588	0.0464	0.000008	0.0172	0.00048	0.002689	0.000077	0.00071	0.00011	0.900	17.31	0.49	17.31	0.48	17.9	0.4	17.3	0.5	0.00
Zircon_084	67.6	39.4	0.583	0.0465	0.000055	0.0185	0.003	0.00283	0.00049	-0.00020	0.00095	0.900	18.2	3.2	18.6	3	23.5	2.8	18.2	3.2	2.15
Zircon_085	170	106	0.624	0.0464	0.000022	0.0177	0.0013	0.00274	0.00022	0.00017	0.00045	0.977	17.7	1.4	17.8	1.3	20.6	1.1	17.7	1.4	0.56
Zircon_086	689	513	0.745	0.0464	0.000011	0.01785	0.00054	0.002789	0.000085	0.00071	0.00014	0.900	17.96	0.55	17.97	0.53	19.12	0.56	18.0	0.6	0.06
Zircon_087	1233	1992	1.616	0.0464	0.000007	0.01694	0.00045	0.002647	0.000072	0.00082	0.00005	0.900	17.04	0.47	17.05	0.45	18.12	0.36	17.0	0.5	0.06
Zircon_088	1583	2590	1.636	0.0464	0.000006	0.01675	0.00035	0.00262	0.000058	0.00076	0.00002	0.900	16.87	0.37	16.87	0.35	16.94	0.29	16.9	0.4	0.00
Zircon_089	116.9	98	0.838	0.0464	0.000024	0.0175	0.0015	0.00274	0.00023	0.00036	0.00037	0.900	17.6	1.5	17.7	1.5	19.8	1.2	17.6	1.5	0.56
Zircon_090	340	705	2.074	0.0464	0.000012	0.01682	0.00062	0.002651	0.000089	0.00071	0.00007	0.900	17.07	0.58	16.94	0.62	18.04	0.6	17.1	0.6	-0.77
Zircon_091	444	845	1.903	0.0464	0.000011	0.01662	0.00063	0.0026	0.0001	0.00077	0.00004	0.900	16.73	0.64	16.74	0.63	17.39	0.55	16.7	0.6	0.06
Zircon_092	246	263	1.069	0.0464	0.000017	0.0175	0.0011	0.00273	0.00017	0.00071	0.00019	0.900	17.6	1.1	17.6	1.1	20.92	0.89	17.6	1.1	0.00
Zircon_093	411	180	0.438	0.0464	0.000014	0.01931	0.00098	0.00301	0.00015	0.00019	0.00033	0.900	19.41	0.99	19.42	0.98	20.59	0.72	19.4	1.0	0.05
Zircon_094	354	195.4	0.552	0.0464	0.000012	0.01724	0.0008	0.00269	0.00013	0.00036	0.00022	0.900	17.34	0.81	17.35	0.8	18.89	0.64	17.3	0.8	0.06
Zircon_095	232	266	1.14655	0.0464	0.000015	0.0171	0.001	0.00267	0.00016	0.00064	0.00020	0.900	17.2	1	17.2	1	19.31	0.76	17.2	1	0.00
Zircon_096	580	567	0.97759	0.0464	0.000007	0.01743	0.00049	0.002724	0.000078	0.00070	0.00009	0.900	17.54	0.5	17.54	0.48	18.35	0.38	17.5	1	0.00
Zircon_097	100.6	87.5	0.86978	0.0465	0.000038	0.0176	0.0021	0.00274	0.00033	0.00027	0.00044	0.900	17.6	2.1	17.7	2.1	21	1.9	17.6	2	0.56
Zircon_098	204.7	182.1	0.88959	0.0464	0.000013	0.017	0.0009	0.00266	0.00014	0.00057	0.00019	0.900	17.11	0.91	17.11	0.9	18.17	0.68	17.1	1	0.00
Zircon_099	158.4	137	0.8649	0.0464	0.000012	0.01666	0.00099	0.0026	0.00016	0.00059	0.00028	0.900	16.7	1	16.72	0.99	17.82	0.61	16.7	1	0.12
Zircon_100	110.4	95.5	0.86504	0.0465	0.000034	0.0182	0.0019	0.00284	0.00029	0.00027	0.00033	0.900	18.3	1.9	18.3	1.9	21.5	1.7	18.3	2	0.00