



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

# GEOCRONOLOGÍA U/Pb EN CIRCONES DE LA IGNIMBRITA PUDAHUEL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGA

CAMILA ANDREA PINEDA RAMÍREZ

PROFESOR GUÍA:  
DIEGO MORATA CÉSPEDES

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
FERNANDO BARRA PANTOJA  
MIGUEL ÁNGEL PARADA REYES

SANTIAGO DE CHILE

2015

## **GEOCRONOLOGÍA U/Pb EN CIRCONES DE LA IGNIMBRITA PUDAHUEL**

La Ignimbrita Pudahuel corresponde a un depósito asociado al Complejo Volcánico Maipo perteneciente la Zona Volcánica Sur de la Cordillera de los Andes, en la zona central de Chile. Su génesis es asociada a la formación de la Caldera Diamante y se infiere que se trató de una gran erupción, cuyo volumen se estima en aproximadamente  $450 \text{ km}^3$ . La edad de esta ignimbrita es un tema controversial debido a las diferencias encontradas en los trabajos geocronológicos realizados en ella que, mediante diferentes métodos de datación, entregan edades de 0,45 Ma, 2,3 Ma y 0,15 Ma aproximadamente. Se observan afloramientos tanto en Chile como en Argentina, sin embargo, el presente trabajo considera solo localidades en la zona chilena.

Se realizaron mediciones químicas en fenocristales de plagioclasa encontrados en el depósito, a partir de las cuales se infiere que el magma en que se originaron estos cristales posee un carácter diferenciado y aparentemente no sufrió grandes variaciones composicionales en la cámara magmática. El grueso de este trabajo consistió en el estudio morfológico y geocronológico de aproximadamente 900 circones separados de la Ignimbrita Pudahuel. El estudio morfológico y textural de estos cristales se realizó mediante imágenes de cátodo-luminiscencia obtenidas con el equipo SEM, mientras que la determinación de isótopos de U/Pb para geocronología se realizó con el equipo LA-ICPMS-MC del Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

Los datos obtenidos indican una fuerte presencia de tres poblaciones de edades para estos cristales. La localización de las muestras que presentan estas poblaciones indica que aparentemente no existe un nexo entre ellas ya que su presencia no está restringida a alguna de las facies definidas para la Ignimbrita, a algún cauce particular por donde se pudo haber desplazado o a una cierta distancia de la fuente. Por lo anterior se piensa que la ausencia de estas poblaciones en algunas localidades puede deberse a errores estadísticos. Las dos poblaciones más antiguas que pueden ser identificadas (una de:  $10,17 +0,08 -0,22$ ; y otra de:  $5,22 +0,06 -0,03$ ) son asociadas a eventos diferentes del que originó a la Ignimbrita Pudahuel, probablemente de carácter local en la zona donde posteriormente se formó la Caldera Diamante.

La otra población identificada posee edades menores a 1 Ma. La edad más probable para esta población es de  $0,13 +0,03 -0,02$  Ma, sin embargo, los datos que representan esta edad pertenecen principalmente a una sola muestra. Si no se considera esta muestra la edad más probable es de  $0,39 +0,03 -0,06$  Ma. Ambas edades son coherentes con trabajos de dataciones realizados anteriormente en la Ignimbrita, pero de todas formas corresponderían a una edad más joven que la considerada actualmente. Según lo anterior se propone que la edad de 0,13 Ma corresponde a la del evento eruptivo que originó a la Ignimbrita Pudahuel, mientras que la de 0,39 Ma correspondería a cristales que se encontraban en la cámara magmática previos a la erupción y que por lo tanto el tiempo de residencia del magma silíceo al que pertenecían sería de aproximadamente 300 ka. Si bien el método analítico utilizado no es el más adecuado para este tipo de muestras, las edades obtenidas se pueden corregir. Debido a la controversia existente en torno a la edad de la Ignimbrita Pudahuel es de vital importancia realizar dichas correcciones para validar estos datos e integrarlos al debate.

## Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer al Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes (CEGA; Proyecto Fondap-Conicyt N°15090013) por financiar el presente estudio y por su misión de contribuir con la generación de conocimiento científico en el país.

Me gustaría agradecerle a mi profesor guía Dr. Diego Morata por su excelente disposición para resolver dudas, discutir las problemáticas que aparecieron durante el desarrollo del trabajo y por su constante apoyo. Agradezco también a los profesores integrantes de la comisión Fernando Barra y Miguel Ángel Parada quienes estuvieron siempre dispuestos a resolver mis dudas y guiarme para obtener un mejor trabajo.

Quisiera agradecer a todas las personas del Departamento de Geología de la Universidad de Chile que me ayudaron de diferentes áreas en este trabajo: Blanca Baccola, Christian Nievas, Mathieu Leisen, Bernardette Vásquez, Juanito, Roberto, Julio D., Carlos Alvarado, Don Carlos y al Quilo. A todos los profesores del Departamento quienes compartieron no solo sus conocimientos, sino que su amor por esta hermosa carrera y fueron capaces de transmitirlo con sus clases y terrenos. Le agradezco al profesor Munizaga quien siempre ha tenido una buena disposición y se ha hecho un tiempo para los que fueron sus alumnos. Le agradezco a mis compañeros de carrera por su ayuda y su tiempo, en particular a Rurik Romero, Eduardo Morgado y Felipe Orellana.

Con especial cariño le agradezco a los Hiperáridos quienes han estado conmigo durante mi paso por Geología, me han apoyado y con quienes he compartido hermosas experiencias: la Mila, Mumo, Charly, Edwin, Hermann, Forlán, el Jose, la Pau, Colega, el Cami, la Vale, la Nico, Pelao, Mabri y el Pipe. Gracias a todos por su infinita ayuda durante estos años.

Muchas gracias a Christian Betancourt “Jipi/Pato” quien me ha apoyado incondicionalmente todo este tiempo y me ha acompañado en la larga travesía para convertirme en geóloga, gracias por confiar siempre en mí y darme ánimos para hacer siempre lo mejor.

Finalmente me gustaría agradecerle a mi familia que me ha apoyado siempre y que son en parte responsables de la persona que soy hoy. Gracias a mi mamá por enseñarme a ser una mujer luchadora y perseverante, por su gran apoyo durante todos mis años de formación y por su enorme cariño; a mi papá por inculcarme amor por la búsqueda de conocimiento, por enseñarme la importancia de alcanzar mis metas por mí misma y por tener una confianza infinita en mis capacidades que siempre ha hecho que me esfuerce más; a mis hermanos Felipe y Victoria que siempre han hecho lo que esté a su alcance para ayudarme y alivianar mis cargas, les agradezco por estar conmigo y alegrar mi vida. Gracias a Sergio, la Paula y la Vale que han enriquecido y alegrado nuestras vidas. Infinitas gracias al resto de mi familia: Inesilla, Ramón, Coca, Cristian, Caco, Cata, Marce, Caro, Nacho, Goyi, Isa y Ro con quienes siempre he podido contar para todo lo que necesite y más. Gracias a la tía Chalia que me ha ayudado mucho más de lo que ella se puede imaginar. Por último, gracias a todas las personas que no alcanzo a nombrar, que han contribuido a mi formación y me han ayudado en algún momento.

## Tabla de contenido

<b>1. Introducción</b> .....	1
1.1. Formulación del problema .....	1
1.2. Hipótesis.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Ubicación y vías de acceso.....	3
1.5. Metodología .....	4
1.5.1. Química de plagioclasas .....	5
1.5.2. Análisis de circones.....	6
<b>2. Antecedentes geológicos</b> .....	9
2.1. Marco geológico.....	9
2.1.1. Contexto regional .....	9
2.1.2. Contexto local.....	12
2.1.3. Contexto estructural .....	18
2.2. Antecedentes de la Ignimbrita Pudahuel .....	19
<b>3. Marco teórico</b> .....	24
3.1. Formación de calderas.....	24
3.1.1. Mecanismos de formación.....	24
3.1.2. Tiempo de residencia de magmas asociados a calderas .....	26
3.2. Corrientes de densidad piroclástica.....	26
3.2.1. Principales mecanismos de generación de una corriente.....	26
3.2.2. Características del flujo y los depósitos asociados.....	27
3.3. Fundamentos de la cátodo-luminiscencia.....	29
3.4. Fundamentos del ICP-MS .....	30
<b>4. Petrografía y petrología</b> .....	32
4.1. Petrografía de muestras .....	32
4.1.1. Plagioclasas .....	33
4.1.2. Biotitas.....	33
4.1.3. Minerales opacos .....	34
4.1.4. Minerales accesorios .....	35
4.2. Química de plagioclasas.....	35
<b>5. Estudio morfológico y geocronológico de circones</b> .....	43
5.1. Introducción .....	43
5.1.1. Estructura y química.....	43
5.1.2. Geocronología en circones .....	44
5.2. Morfología de circones.....	45

5.2.1. Observaciones en lupa petrográfica.....	45
5.2.2. Observaciones con imágenes de cátodo-luminiscencia.....	46
5.3. Geocronología.....	49
5.3.1. Datos obtenidos.....	49
<b>6. Discusiones.....</b>	<b>88</b>
6.1. Química de plagioclasas.....	88
6.2. Morfología de circones.....	89
6.2.1. Circones con textura irregular.....	89
6.2.2. Circones zonados.....	90
6.2.3. Circones homogéneos.....	90
6.3. Datos geocronológicos.....	90
6.3.1. Población de circones con edades menores a 1 Ma.....	91
6.3.2. Poblaciones con edades cercanas a los 5 Ma.....	93
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>96</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>98</b>

## Índice de Figuras

Figura 1: Posible distribución original de los depósitos en Chile y afloramientos en Chile y Argentina de la Ignimbrita Pudahuel. Mapa confeccionado a partir de datos de los trabajos de Stern <i>et al.</i> (1984); Gana <i>et al.</i> (1996); Wall <i>et al.</i> (1996); Wall <i>et al.</i> (1999); Sellés y Gana (2001); Sruoga <i>et al.</i> (2005a); Godoy <i>et al.</i> (2009) y Troncoso (2012). .....	2
Figura 2: Principales rutas y vías de acceso a los afloramientos de la Ignimbrita Pudahuel. Mapa confeccionado a partir de datos de los trabajos de Stern <i>et al.</i> (1984); Gana <i>et al.</i> (1996); Wall <i>et al.</i> (1996); Wall <i>et al.</i> (1999); Sellés y Gana (2001); Sruoga <i>et al.</i> (2005a); Godoy <i>et al.</i> (2009) y Troncoso (2012). .....	4
Figura 3: Afloramientos de la Ignimbrita Pudahuel. A) Localidad desde donde se extrajo la muestra CPIP01, B) Localidad desde donde se extrajo la muestra CPIP10. ....	5
Figura 4: A) ICPMS-MC, B) LA. Del Departamento de Geología de la Universidad de Chile. ....	7
Figura 5: Ubicación de las cuatro zonas volcánicas activas en los andes. Extraído de Stern <i>et al.</i> (2004)..	10
Figura 6: Principales volcanes de la Zona Volcánica Sur. Modificado de Stern <i>et al.</i> (2004). ....	11
Figura 7: Mapa geológico del volcán Maipo. Extraído de la Hoja Geológica 3569-I Volcán Maipo (Sruoga <i>et al.</i> , 2005a). ....	17
Figura 8: Correlación de formaciones chilenas y argentinas. Extraído de Charrier <i>et al.</i> (2002). ....	18
Figura 9: Dominios estructurales de la Hoja Geológica 3569-I Volcán Maipo (Sruoga <i>et al.</i> , 2005a). ....	19
Figura 10: Facies definidas por Troncoso (2012). Mapa extraído de ese trabajo. ....	21
Figura 11: Columnas representativas de los afloramientos. Modificado de Troncoso (2012). ....	22
Figura 12: Modelo estándar de formación de calderas. Modificado de Cashman y Giordano (2014). ....	24
Figura 13: Modelo de formación de caldera a partir de un reservorio complejo. Modificado de Cashman y Giordano, 2014. ....	25
Figura 14: Mecanismos de generación de flujos piroclásticos. Modificado de Cas y Wright (1987). ....	27
Figura 15: Esquema del depósito de un flujo piroclástico. Extraído de McPhie (1993). ....	28
Figura 16: Esquema de depósito ignimbrítico. Extraído y modificado de McPhie (1993). La escala observada puede variar entre 1 y 10 m. ....	28
Figura 17: Imagen extraída de Nasadala <i>et al.</i> 2003. ....	29
Figura 18: Imágenes CL de circones de entre 70 y 250 $\mu\text{m}$ con zonación y reabsorción de un granito. Modificada de Corfu <i>et al.</i> 2003. ....	30
Figura 19: Diagrama esquemático de un espectrómetro de masas tipo sector magnético con multicolectores y un sistema de ablación laser. Extraído de Vroon <i>et al.</i> (2007). ....	30
Figura 20: Fases identificadas en los cortes de las muestras CPIP01, CPIP03, CPIP08 y CPIP12, sobre 2000 puntos por muestra. ....	32
Figura 21: Imagen SEM de un cristal de biotita de la muestra CPIP03. ....	34
Figura 22: Imágenes obtenidas con SEM con coloración discreta. A) Plagioclasa zonada intercrecida con biotita de la muestra CPIP03. B) Plagioclasas no zonada intercrecida con biotita de la muestra CPIP04. ....	34
Figura 23: Composiciones de feldspatos no zonados en muestras de CPIP01 a CPIP05 y CPIP07. ....	36
Figura 24: Composiciones de feldspatos no zonados de muestras CPIP08 a CPIP12. ....	36
Figura 25: Composición de la plagioclasas zonadas de las muestras CPIP01 a CPIP05 y CPIP07. ....	37
Figura 26: Composición de plagioclasas zonadas de las muestras CPIP08 a CPIP12. ....	37
Figura 27: Plagioclasa zonada de la muestra CPIP01. ....	38
Figura 28: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP02. ....	38
Figura 29: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP03. ....	39
Figura 30: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP04. ....	39
Figura 31: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP05. ....	40
Figura 32: Plagioclasa zonada de la muestra CPIP07. ....	40
Figura 33: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP08. ....	41
Figura 34: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP09. ....	41
Figura 35: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP12. ....	42

Figura 36: A) Caras cristalinas de un circón, extraído de Nesse, 2004. B) Estructura del circón. Los tetrahedros de SiO <sub>2</sub> están de color amarillo mientras que los dodecahedros ZrO <sub>8</sub> en morado. El dodecahedro sin colorear muestra la sub-estructura que consiste en dos tetrahedros de ZrO <sub>4</sub> distorcionados; extraído de Finch y Hanchar, 2003. ....	43
Figura 37: Cadena de desintegración de isótopos hijos de corta vida media en el decaimiento de <sup>238</sup> U a <sup>206</sup> Pb. Modificado de Faure y Mensing (2004).....	44
Figura 38: Circones montados sin pulir de las muestras CPIP01 (A) y CPIP08 (B). Imágenes obtenidas con lupa petrográfica. ....	46
Figura 39: Imagen CL (izquierda) y SE (derecha) de cristales representativos de la familia de circones zonados, pertenecientes a las muestras: A) CPIP07, B) CPIP10, C) CPIP11 y D) CPIP12. ....	47
Figura 40: Imagen CL (izquierda) y SE (derecha) de cristales representativos de la familia de circones irregulares, pertenecientes a las muestras: A) CPIP01, B) CPIP03, C) CPIP05 y D) CPIP08. ....	48
Figura 41: Imagen CL (izquierda) y SE (derecha) de cristales representativos de la familia de circones zonados, pertenecientes a las muestras: A) CPIP01 y B) CPIP12. ....	48
Figura 42: Puntos de ablación en la muestra CPIP01. ....	50
Figura 43: Puntos de ablación en la muestra CPIP02. ....	50
Figura 44: Puntos de ablación de la muestra CPIP04. ....	53
Figura 45: Puntos de ablación de la muestra CPIP05. La figura A corresponde a los primeros 40 circones y la B a los últimos 50. ....	53
Figura 46: Puntos de ablación de la muestra CPIP06. ....	56
Figura 47: Puntos de ablación de la muestra CPIP07. ....	56
Figura 48: Puntos de ablación de la muestra CPIP08. La figura A corresponde a los primeros 50 circones y la B a los últimos 50. ....	59
Figura 49: Puntos de ablación de la muestra CPIP10. La figura A corresponde a los primeros 50 circones y la B a los últimos 50. ....	59
Figura 50: Puntos de ablación de la muestra CPIP11. Las figuras A, B, C y D corresponden a los primeros, segundos, terceros y últimos 25 circones de la muestra respectivamente. ....	63
Figura 51: Puntos de ablación en la muestra CPIP12. Las figuras A, B, C y D corresponden a los primeros, segundos, terceros y últimos 25 circones de la muestra respectivamente. ....	64
Figura 52: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP01. ....	66
Figura 53: Circones representativos de las diferentes poblaciones. A, población 1; B población 2; C población 3; D población 4. ....	67
Figura 54: Izquierda, diagrama <i>TuffZirc</i> de la población 3. Derecha, diagrama <i>TuffZirc</i> de la población 4. ....	67
Figura 55: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP02. ....	68
Figura 56: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP02 (detalle). ....	68
Figura 57: Circones pertenecientes a la población 1 de la muestra CPIP02. ....	69
Figura 58: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP03. ....	69
Figura 59: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP03 (detalle). ....	69
Figura 60: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP04. ....	70
Figura 61: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP04 (detalle). ....	70
Figura 62: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2; C, población 3...71	71
Figura 63: Diagrama <i>TuffZirc</i> de la población 3 de la muestra CPIP04. ....	71
Figura 64: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP05. ....	72
Figura 65: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2. ....	72
Figura 66: Izquierda, diagrama <i>TuffZirc</i> de población 1. Derecha, diagrama <i>TuffZirc</i> de la población 2. ...73	73
Figura 67: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP06. ....	73
Figura 68: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP06 (detalle). ....	73
Figura 69: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2; C, población 3...74	74
Figura 70: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP07. ....	74
Figura 71: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP07 (detalle). ....	75
Figura 72: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2; C, población 3...75	75
Figura 73: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP08. ....	76

Figura 74: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP08 (detalle).....	76
Figura 75: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP10. ....	76
Figura 76: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2; C, población 3...	77
Figura 77: Diagrama <i>TuffZirc</i> de la población 2. ....	77
Figura 78: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP11. ....	78
Figura 79: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP11 (detalle).....	78
Figura 80: Circones representativos de la población identificada.....	79
Figura 81: Diagrama <i>TuffZirc</i> de la población 1. ....	79
Figura 82: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP12. ....	79
Figura 83: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP12 (detalle).....	80
Figura 84: Circones representativos de cada población. A, población 1, B población 2, C población 2 con borde ca. 2 Ma.....	80
Figura 85: Izquierda, diagrama <i>TuffZirc</i> de la población 1. Derecha, diagrama <i>TuffZirc</i> de la población 2. ....	81
Figura 86: Diagrama de densidad probabilística de edades sobre los 20 Ma.....	81
Figura 87: Diagrama de densidad probabilística de edades menores a los 20 Ma. ....	82
Figura 88: Diagrama <i>TuffZirc</i> de datos menores a 1 Ma.....	82
Figura 89: Diagrama <i>TuffZirc</i> de datos cercanos a los 5 Ma.....	83
Figura 90: Diagrama <i>TuffZirc</i> de edades cercanas a los 10Ma. ....	83
Figura 91: Diagrama <i>TuffZirc</i> de edades menores a 1 Ma, sin los datos pertenecientes a la muestra CPIP12. ....	83
Figura 92: Circón con zonación inusual de muestra CPIP12. ....	84
Figura 93: Circones pertenecientes a la población con edades cercanas a 1 Ma. ....	84
Figura 94: Circones pertenecientes a la población con edades cercanas a los 5 Ma.....	85
Figura 95: Circones pertenecientes a la población con edades cercanas a los 10 Ma.....	85
Figura 96: Edad mínima para datos menores a 1 Ma. La línea roja representa la moda mientras que las cajas azules las simulaciones de la distribución de Monte Carlo.....	85
Figura 97: Mapa con ubicación de la muestras y presencia de poblaciones identificadas. ....	87
Figura 98: Circones con edades sobre los 15 Ma encontrados en este estudio. ....	91
Figura 99: Modelo para poblaciones de circones encontradas en este estudio. ....	94

## Índice de Tablas

Tabla 1: Especificaciones operacionales ICP.....	8
Tabla 2.....	35
Tabla 3.....	46
Tabla 4.....	46
Tabla 5: Resumen de cantidades de datos tomados por muestra.....	49
Tabla 6: Edades de los circones de la muestra CPIP01.....	51
Tabla 7: Edades de los circones de la muestra CPIP02.....	52
Tabla 8: Edades de los circones de la muestra CPIP03.....	52
Tabla 9: Edades de los circones de la muestra CPIP04.....	54
Tabla 10: Edades de los circones de la muestra CPIP05.....	55
Tabla 11: Edades de los circones de la muestra CPIP06.....	57
Tabla 12: Edades de los circones de la muestra CPIP07.....	58
Tabla 13: Edades de los circones de la muestra CPIP08.....	60
Tabla 14: Edades de los circones de la muestra CPIP10.....	62
Tabla 15: Edades de los circones de la muestra CPIP11.....	63
Tabla 16: Edades de los circones de la muestra CPIP12.....	65
Tabla 17: Poblaciones de la muestra CPIP01.....	66
Tabla 18: Poblaciones de la muestra CPIP02.....	68
Tabla 19: Poblaciones de la muestra CPIP03.....	70
Tabla 20: Poblaciones de la muestra CPIP04.....	71
Tabla 21: Poblaciones de la muestra CPIP05.....	72
Tabla 22: Poblaciones de la muestra CPIP06.....	74
Tabla 23: Poblaciones de la muestra CPIP07.....	75
Tabla 24: Poblaciones de la muestra CPIP10.....	77
Tabla 25: Poblaciones de la muestra CPIP11.....	78
Tabla 26: Poblaciones de la muestra CPIP12.....	80

# 1. Introducción

## 1.1. Formulación del problema

Las ignimbritas son depósitos que se encuentran asociados a corrientes de densidad piroclástica que corresponden a mezclas heterogéneas de partículas volcánicas y gas, que fluyen de acuerdo a su densidad relativa con respecto al fluido circundante (generalmente la atmósfera) y debido a la gravedad terrestre (Brawney y Kokelaar, 2002). Pueden o no encontrarse soldadas, son pumíceas y ricas en ceniza. Se forman por el colapso de una columna eruptiva (Freundt *et al.*, 2000). Predominantemente poseen clastos mal seleccionados de pumita y lapilli lítica, soportados por una matriz tipo pared vesiculada con fragmentos vítreos y cristalinos (Brawney y Kokelaar, 2002).

La Ignimbrita Pudahuel, conocida también como Asociación Piroclástica Pumícea (APP) por Polanski (1962), corresponde a un depósito que se encuentra asociado al Complejo Volcánico Maipo, ubicado aproximadamente en los 34° 09' S, 69° 49' O y que pertenece a la Zona Volcánica Sur (ZVS). Su volumen es, probablemente, de 450 km<sup>3</sup> aproximadamente (Stern *et al.*, 1984). En Chile se observan afloramientos de este depósito en las cercanías del aeropuerto internacional en la comuna de Pudahuel, en los valles de los ríos Maipo y Puangue, así como también en las cercanías de Rancagua en los valles del Río Cachapoal, del Río Rapel y del Río Codegua. En Argentina se han descrito afloramientos en los valles del Río Papagayos y del Río Yaucha (Figura 1).

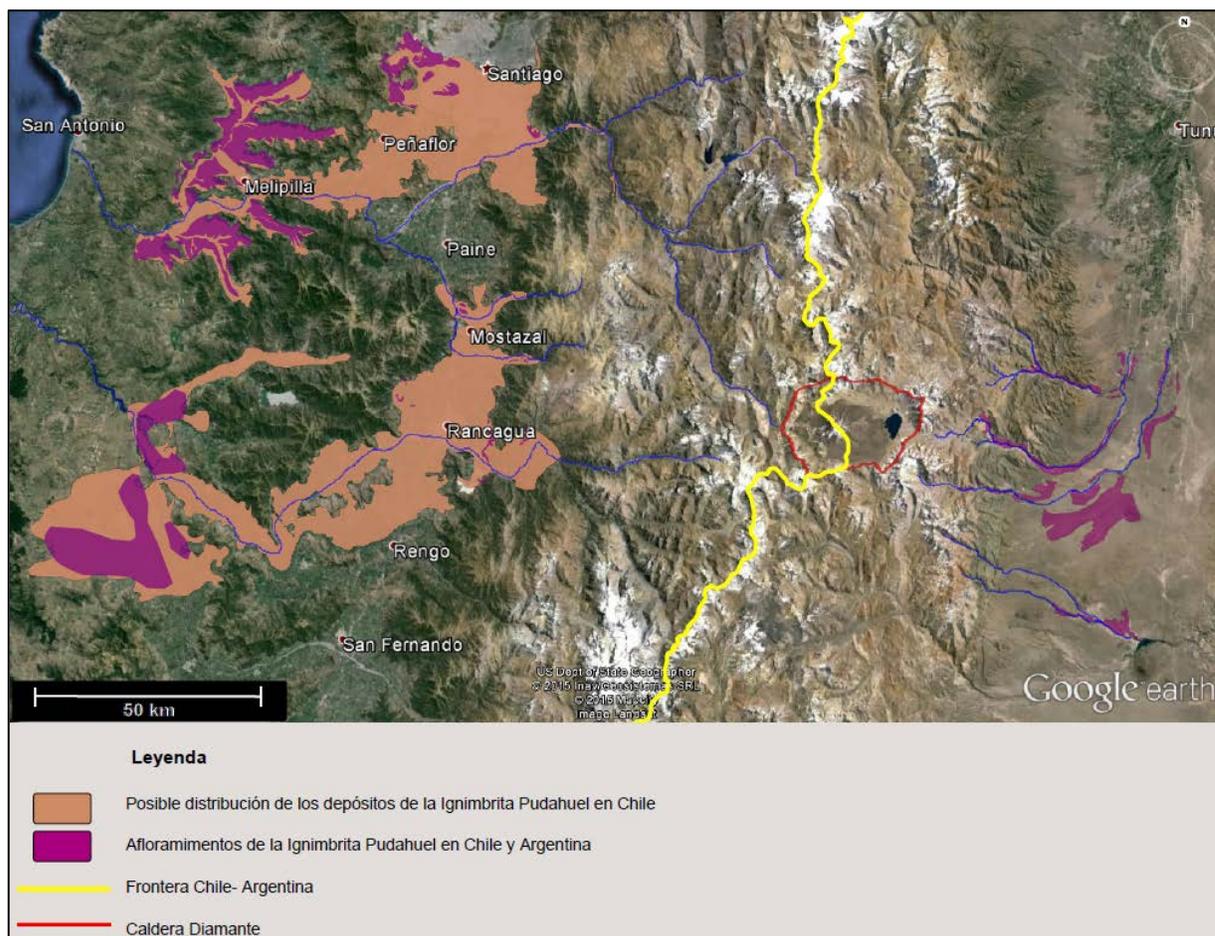
En trabajos anteriores (Stern *et al.*, 1984), se describen muestras del depósito como pumitas altamente vesiculadas, parcialmente devitrificadas en algunos casos; con contenidos muy bajos de cristales de oligoclasa-plagioclasa, biotita y titanomagnetita. Polanski (1962), reconoce además sanidina en los depósitos argentinos.

La información geoquímica existente hasta ahora indica que es de composición riolítica (aproximadamente 74% de SiO<sub>2</sub>) y que por lo tanto posee un carácter muy evolucionado. Exhibe anomalía de Eu (contenido de Eu del orden de 0,41 ppm) y fuerte empobrecimiento de Sr, Nb y Ti, junto con un significativo enriquecimiento de Rb, Ba y Th. Los comportamientos de elementos mayores y trazas indican que la diferenciación fue fuertemente controlada por fraccionamiento parcial de plagioclasa, sanidina, hornblenda, biotita, apatito y circón (Sruoga *et al.*, 2005b).

Análisis litológicos han permitido inferir el tipo de erupción que dio a lugar a este depósito, además de algunas de las características que pudo haber tenido; Guerstein (1993), suponen que la erupción a partir de la que se generó habría sido muy breve, unos pocos días a lo sumo, bajo condiciones de temperatura moderadamente bajas (<600 °C), pero de gran magnitud, intensidad y violencia. La erupción habría sido extremadamente explosiva y fragmentaria. Probablemente la altura de la columna eruptiva alcanzó varias decenas de kilómetros dada la muy baja densidad de la tefra. Por otro lado la interpretación de su litología y granulometría ha permitido también inferir los mecanismos de transporte y emplazamiento de los flujos que la generaron (Troncoso, 2012).

La edad de la Ignimbrita es un tema controversial debido a las diferencias en los resultados obtenidos en los diferentes estudios geocronológicos que se han realizado de ella. Dataciones con el método de trazas de fisión en circones entregan una edad aproximada de 0,45 ±

0,06 Ma ( $0,47 \pm 0,07$  Ma,  $0,44 \pm 0,08$  Ma), lo que significa que el volcanismo que origina esta ignimbrita posee una edad Pleistoceno media (Stern *et al.*, 1984). En trabajos recientes como los de Hynek *et al.* (2010) y Sruoga *et al.* (2005a,b) también se considera esta edad. Por otro lado, Wall *et al.* (2001) obtuvieron edades de  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  mucho mayores ( $2,3 \pm 0,3$  Ma y  $2,2 \pm 0,3$  Ma), en biotitas de clastos juveniles, mientras que Lara *et al.* (2008) obtuvieron edades más jóvenes (ca. 0,15 Ma) en circones extraídos de clastos pumíceos mediante el método U-Th-He.



**Figura 1:** Posible distribución original de los depósitos en Chile y afloramientos en Chile y Argentina de la Ignimbrita Pudahuel. Mapa confeccionado a partir de datos de los trabajos de Stern *et al.* (1984); Gana *et al.* (1996); Wall *et al.* (1996); Wall *et al.* (1999); Sellés y Gana (2001); Sruoga *et al.* (2005a); Godoy *et al.* (2009) y Troncoso (2012).

Debido a las características catastróficas que se infiere que tuvo la erupción que dio origen a la Ignimbrita Pudahuel el estudio de los procesos involucrados en su formación es vital para comprender no solo este, sino que otros eventos de similares características. La determinación de su edad es crucial para comprender los mecanismos y tiempos de residencia involucrados en la acumulación de los grandes volúmenes de magma silíceo que la originaron.

## 1.2. Hipótesis

Los circones presentes en la Ignimbrita Pudahuel poseen edades que pueden ser asociadas a eventos ocurridos en la cámara magmática del complejo volcánico Maipo. La interpretación de estas edades puede ser complementada con información obtenida a partir de las características texturales y morfológicas presentes en estos minerales.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio geocronológico de los circones presentes en la matriz de la Ignimbrita Pudahuel para así poder contribuir a la discusión acerca la edad en que se originó este depósito.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- a) Obtener las características composicionales de las principales fases presentes en la Ignimbrita.
- b) Realizar un estudio morfológico y textural de los circones de la matriz.
- c) Establecer posibles procesos de génesis y transporte de los circones de la Ignimbrita.

#### 1.4. Ubicación y vías de acceso.

Los depósitos de la Ignimbrita Pudahuel se reconocen en la zona central de Chile y en parte de Argentina, en particular dentro del cuadrante  $33,4^{\circ}$  S- $34,5^{\circ}$  S y  $71,80^{\circ}$  O- $69^{\circ}$  O. Este estudio considera solo algunos de los afloramientos chilenos, que en su mayoría se encuentran en los valles de ríos muy cercanos a zonas urbanas de la Región Metropolitana en las provincias de Santiago (comunas de Pudahuel y Maipú), Maipo (comuna de San Bernardo), Cordillera (comuna de San José de Maipo) y Melipilla (comuna de Melipilla), además de las cercanías a zonas urbanas de la Región del Libertador General Bernardo O`Higgins. La figura 2 muestra los afloramientos de la Ignimbrita en Chile junto con las principales ciudades y rutas cerca de ellos.

A la mayoría de los afloramientos se puede acceder desde Santiago a través de caminos principales como la ruta 68 (que conecta Santiago y Valparaíso), ruta 5 (entre Santiago y Rancagua), ruta 78 (que conecta Santiago y San Antonio) y otras vías secundarias como la G-80 (camino a Malleco), G-60 (camino a Rapel), ruta 66 y el Camino Al Volcán. Todos estos caminos se encuentran pavimentados y los afloramientos en general se encuentran junto a ellos o muy cerca de los mismos.

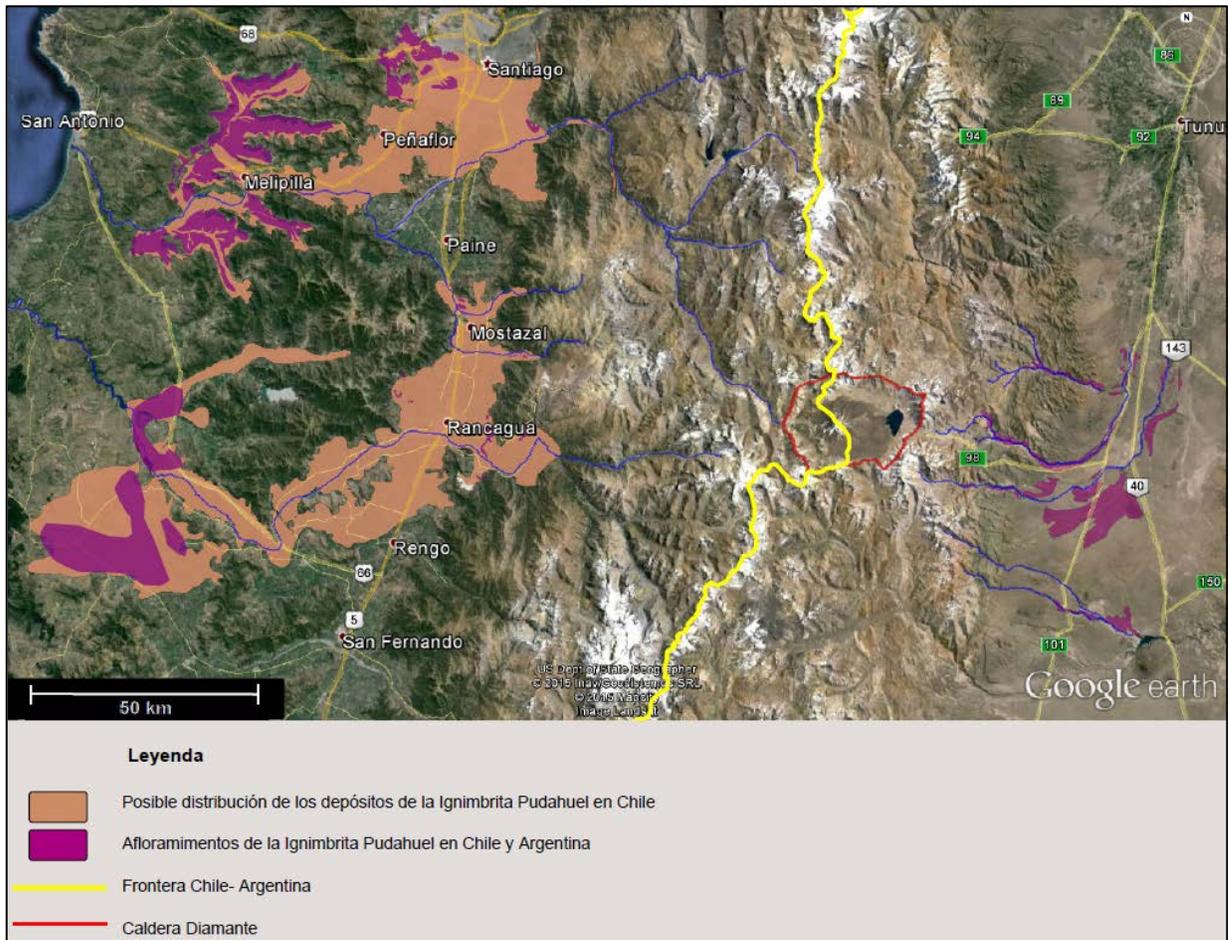


Figura 2: Principales rutas y vías de acceso a los afloramientos de la Ignimbrita Pudahuel. Mapa confeccionado a partir de datos de los trabajos de Stern et al. (1984); Gana et al. (1996); Wall et al. (1996); Wall et al. (1999); Sellés y Gana (2001); Sruoga et al. (2005a); Godoy et al. (2009) y Troncoso (2012).

### 1.5. Metodología

Para la confección del presente estudio se realizó en primera instancia una recopilación bibliográfica de los antecedentes de la Ignimbrita Pudahuel y trabajos de estudio de circones en ignimbritas. En el mes de abril del año 2014, se realizó una campaña de terreno de 3 días, no consecutivos, con la finalidad de recolectar muestras de diferentes afloramientos de esta unidad tanto en áreas de la Región Metropolitana como en de la Región de O’Higgins. Se visitaron 12 localidades de cada una de las cuales se extrajeron dos muestras: una muestra para separación de circones y otra para la confección de cortes transparentes. La figura 3 muestra dos localidades visitadas en donde aflora la Ignimbrita; en todas las localidades se sacó una parte del material superficial que fue desechado y luego se extrajo la muestra para el estudio. El resumen de los puntos muestreados y la descripción de los mismos es entregado en el Anexo A.



**Figura 3: Afloramientos de la Ignimbrita Pudahuel. A) Localidad desde donde se extrajo la muestra CPIP01, B) Localidad desde donde se extrajo la muestra CPIP10.**

Todos los análisis realizados y la preparación de las muestras para los mismos fueron realizados en los diferentes laboratorios del Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

#### 1.5.1. Química de plagioclasas

Para los estudios de la química de las plagioclasas se sacaron aproximadamente 80 cm<sup>3</sup> de muestra. Debido a que el material no se encontraba consolidado se realizaron briquetas, a partir de las cuales se hicieron cortes transparentes-pulidos representativos de las doce localidades visitadas. Posteriormente se describieron estos cortes con ayuda del microscopio petrográfico para tener una aproximación de los componentes presentes en las muestras.

El análisis de química mineral se realizó utilizando SEM (Scanning Electron Microscope; Microscopio electrónico de barrido; FEI Quanta 250). Este método se basa en el barrido de la superficie a estudiar con un haz de electrones, por lo que la muestra debe conducir la electricidad para evitar que se cargue y poder disiparla. Es por esto que los cortes estudiados debieron pasar por el proceso de “metalizado” que consiste en darles un baño de carbono (se utilizó la máquina *Cressington Carbon Coater*, 108 carbon/A, Ted Pella, Inc) el que se efectúa en ciclos de 8 segundos a un voltaje de 5 volts (se realizaron 2 ciclos por muestra).

Para los análisis químicos en el SEM se utiliza el detector BSE (Back Scattering Electron, detector de electrones retro-dispersados), se configuró con un spot 5 y un voltaje de 10 kV. Posteriormente para el procesamiento de imágenes y la medición de elementos se utilizó el

software INCA (Inca x-act, Oxford Instruments) en donde las imágenes fueron tomadas con una resolución de 1024 x 896 píxeles, a una velocidad media y con datos de 16 bits para cada sitio de interés. Este programa adquiere y procesa el espectro de rayos X producido por el haz de electrones en un punto específico y en él es posible programar el muestreo de varios puntos para una misma imagen. El *software* posteriormente entrega la información obtenida de cada punto.

Debido a las características de la Ignimbrita (componentes tamaño lapilli y ceniza principalmente) el grueso de la identificación de las fases fue realizado en el SEM. Para un análisis cuantitativo de los cortes se utilizó el *software JMicrovision* que permite realizar conteo modal a imágenes digitales, que en este caso fueron obtenidas por el método de BSE. Los conteos modales se realizaron para cuatro muestras representativas del total de las obtenidas, a partir de cuatro imágenes de cada corte con 500 puntos por imagen, es decir, 2000 puntos por corte; se hicieron en una grilla recursiva de tal manera de abarcar la mayor área posible dentro de cada imagen.

### 1.5.2. Análisis de circones

- Preparación de las muestras

Se tomaron aproximadamente 7 kilos de muestra de diferentes afloramientos de la Ignimbrita, en particular de algunas de las localidades descritas por Troncoso (2012). Debido a que las muestras corresponden a material deleznable no se requirió pasarlas por molienda y fueron directamente tamizadas. Se seleccionó la porción bajo 300  $\mu\text{m}$  a partir de la cual se separaron los minerales pesados por diferencias de susceptibilidad magnética y posteriormente por líquidos pesados (bromofórmico y yoduro de metileno). A partir de ellos se seleccionaron circones con lupa.

Con la ayuda de la lupa petrográfica y pinzas de punta fina se seleccionaron circones representativos de cada muestra (entre 50 y 100 dependiendo de la cantidad y calidad de estos minerales por cada muestra) los que fueron ordenados en una cinta de doble faz. Luego fueron adheridos a un extremo de un cilindro de polietileno que es rellenado con epoxy mezclado con un líquido endurecedor, para luego pulirlos con una lija suave y una solución con alúmina hasta desgastar aproximadamente la mitad de cada cristal dejando expuesto su centro. Finalmente las muestras, ya montadas, son limpiadas con ultrasonido.

- Obtención de imágenes CL

Para obtener imágenes de cátodo-luminiscencia en SEM, las muestras deben metalizarse (al igual que se hizo con los cortes transparentes- pulidos); en este caso se hizo con carbono (2 ciclos de 8 segundos a 5 volts). Luego las imágenes son sacadas en el SEM con el detector *Centaurus* de CL. Se sacaron, al mismo tiempo, imágenes de electrón-secundario para ver el relieve superficial de cada uno de los cristales analizados y complementar con esta información la obtenida a partir de las imágenes CL.

- Obtención de datos geocronológicos

Luego de la obtención de las imágenes CL para cada uno de los circones montados, se remueve el baño de carbono de la muestra con metanol y después se limpia con ultrasonido. Posteriormente, para la determinación de isótopos de U y de Pb, se utiliza un equipo LA-MC-

ICP-MS (Laser Ablation Multi Collector Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer). Con ayuda de las imágenes CL obtenidas, se escoge el punto a datar en cada circón de la muestra. Se escogen aproximadamente 50 circones por muestra. Los circones seleccionados para datación son los que posean una mayor integridad y que deseablemente presenten nula o baja cantidad de inclusiones. Por otro lado se debe considerar el diámetro de la ablación (25 micrones) por lo que el cristal seleccionado no puede ser muy pequeño o delgado. La tabla 1 presenta el resumen de las condiciones operacionales de la máquina.

El sistema de ablación usado en el laboratorio de espectrometría de masas del Departamento de Geología de la Universidad de Chile es un láser de excímeros ArF de una longitud de onda de 193 nm (Photon Machine Analyte G2) acoplado al instrumento MC-ICP-MS modelo Neptune Plus (Thermo Scientific) (ver Figura 4). Los isótopos son adquiridos de manera estática con sistemas de conteo iónico. La cámara de ablación es una HeEx 2 que ofrece la posibilidad de evacuar y reemplazar el aire atmosférico por He. Debido a esto el efecto de fraccionamiento es bajo (Eggins *et al.*, 1998, 2003, 2005). Para reducir el fraccionamiento y maximizar la sensibilidad el material obtenido en la ablación es transportado con helio a una tasa de 0,3 l/min para entrar a la antorcha del ICP (Günter *et al.*, 1999). El láser fue operado a una frecuencia de 7 Hz. La calibración del MC-ICP-MS fue realizada mediante la ablación de circones estándar Plesovice (Slama *et al.*, 2008). Las copas detectoras Faraday y el sistema de conteo iónico es usado simultáneamente para medir  $^{202}\text{Hg}$ ,  $^{204}\text{Hg}+^{204}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ . Los datos son obtenidos con un tiempo de integración de 1.049 segundos por ciclo. La ablación dura aproximadamente 50 segundos lo que equivale a 50 ciclos. Los primeros 10 ciclos no son usados en la reducción de datos y corresponden a una pre-ablación que es necesaria debido a que la señal puede ser inestable los primeros 10 segundos, posiblemente por la contaminación superficial de la muestra. Entre cada ablación existe un lapso de 20 segundos para permitir que la señal regrese a la intensidad base.



Figura 4: A) ICPMS-MC, B) LA. Del Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

Tabla 1: Especificaciones operacionales ICP.

Sistema láser	Instrumento	Photon machine Analyte G2
	Longitud de onda	excímero 193nm (ArF)
	Fluencia	3,63 J/cm <sup>2</sup>
	Energía del láser	40%
	Diámetro de la ablación	25um
	Tasa de repetición	7 Hz
	Celda de ablación	Helix 2
	Gas transportador	He (0.3 L.min-1)
MC ICP MS	Instrumento	ThermoFisher Neptune plus
	Poder RF	1200W
	Sample Gas	0.980 L/min
	Vacío	< 1×10 <sup>-9</sup> bar
	Interface conos	Níquel
	Señales monitoreadas en el contador iónico	<sup>202</sup> Hg, <sup>204</sup> Hg+ <sup>204</sup> Pb, <sup>206</sup> Pb, <sup>207</sup> Pb, <sup>208</sup> Pb, <sup>235</sup> U
	Señal monitoreada en las copas Faraday	<sup>232</sup> Th and <sup>238</sup> U
	Adquisición de datos	Modo estático
	Tiempo de adquisición para un ciclo	1.049s
	Base <sup>206</sup> Pb (contador iónico)	510 cps
	Intensidad de la señal <sup>206</sup> Pb (contador iónico)	500,000 cps para 40 µg.g-1
	Intensidad de la señal <sup>238</sup> U (Copas Faraday)	80mV para 700 µg.g-1
Estándares externos	Estándar usado	Plesovice (Slama <i>et al.</i> , 2008)
	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	0.0525-0.0547
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	0.385-0.402
	U (µg.g-1)	709-779
	Th (µg.g-1)	73.3-79.5
	Pb (µg.g-1)	36.9-44.6
Reducción de datos	Software	Iolite (Paton <i>et al.</i> , 2010)

La reducción de datos es realizada por el operador con el *software Iolite* y los resultados son graficados con el *software Isoplot* (Ludwig, 2012).

## 2. Antecedentes geológicos

### 2.1. Marco geológico

#### 2.1.1. Contexto regional

La zona de estudio se ubica en el margen oeste de la Placa Sudamericana, bajo la cual ha estado subduciendo la placa de Nazca desde el Jurásico temprano casi ininterrumpidamente. Lo anterior ha permitido la formación de un arco magmático, el cual se ha desplazado desde la actual Cordillera de la Costa hacia el este, pasando por la Depresión Central, y que hoy se ubica en la Cordillera de Los Andes (Schubber *et al.*, 1994).

El margen sudamericano se divide en cuatro zonas con volcanismo activo: Zona Volcánica Norte (ZVN), Zona Volcánica Central (ZVC), Zona Volcánica Sur (ZVS) y Zona Volcánica Austral (ZVA) en la figura 5 se muestra la ubicación de estas zonas en el margen continental. En los Andes chilenos existen más de 100 estratovolcanes pleistocenos-holocenos, campos volcánicos y complejos de calderas, de los cuales 60 han documentado actividad eruptiva holocena (Simkin & Siebert 1994; González- Ferrán 1995); estos se ubican en los segmentos que corresponden a la ZVC en el norte de Chile, ZVS en el centro-sur de Chile y a la ZVA en la zona austral del país.

La actividad andina resulta de la subducción de las placas oceánicas de Nazca y Antártica bajo la litósfera continental del oeste de Sudamérica. Los volcanes en la ZVC y ZVS ocurren debido a que el ángulo de subducción de la placa de Nazca es alto ( $> 25^\circ$ ) a profundidades mayores de 90 km. Existe una conexión entre la subducción y el volcanismo que es confirmada, no solo por los gap volcánicos que hay en donde no ocurre este proceso como en las zonas en que las dorsales de Juan Fernández y de Chile subducen bajo la Placa Sudamericana, sino que también por estudios geoquímicos que indican que la generación de magmas andinos es iniciada por deshidratación y/o fusión de la litósfera de la placa oceánica subductada y la interacción de los fluidos derivados del “slab” con la cuña mantélica superior.

La zona de estudio se encuentra en el norte de la ZVS, cuyos volcanes ocurren en Chile y Argentina. En la zona chilena se encuentran más de setenta estratovolcanes pleistocenos y holocenos, además de grandes campos volcánicos y de por lo menos nueve complejos de calderas, así como alrededor de cien centros eruptivos menores formados por conos de escorias, flujos de lava y maares; estos conforman un arco volcánico continuo de unos 1400 km de largo entre los  $33,3^\circ\text{S}$  y los  $46^\circ\text{S}$ .

La ZVS se encuentra limitada al norte por la subducción de la dorsal de Juan Fernández, lo que es acompañado por un gran cambio en el ángulo de subducción de la placa de Nazca bajo Sudamérica. El límite sur corresponde a la intersección de la dorsal de Chile con la fosa. La dirección de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana es oblicua (ca.  $20\text{-}30^\circ$  con respecto a la fosa; Jarrard, 1986; Dewey & Lamb, 1992) y la velocidad de convergencia es de 7-9 cm/año (DeMets *et al.*, 1990). La edad de la placa de Nazca en la fosa decrece desde los 45 Ma en el norte hasta 0 Ma en la parte sur de la ZVS. En esta zona, el ángulo de subducción aumenta desde ca  $20^\circ$  en el norte hasta más de  $25^\circ$  en el sur; como consecuencia, la distancia desde la fosa hasta el frente volcánico disminuye desde más de 290 km en el norte hasta menos de 270 km en el sur. La corteza bajo la ZVS consiste en basamento paleozoico y mesozoico pre-andino y rocas ígneas mesozoicas-cenozoicas.

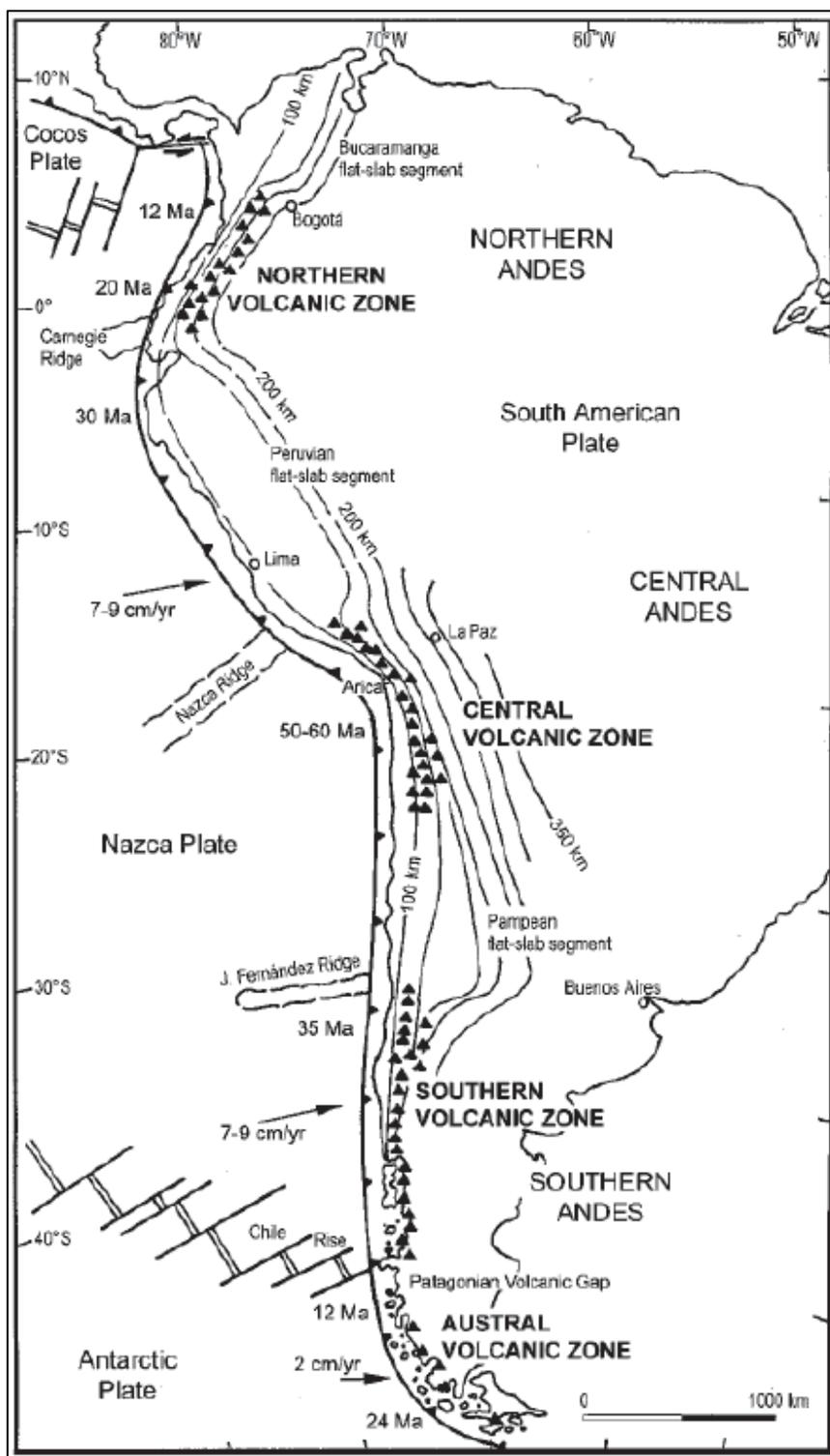


Figura 5: Ubicación de las cuatro zonas volcánicas activas en los andes. Extraído de Stern *et al.* (2004).

En particular, el norte de la Zona Volcánica Sur se encuentra formada por ocho estratovolcanes y la Caldera Diamante. De norte a sur los centros eruptivos más antiguos incluyen a los Nevado de Piuquenes (6019 m), Marmolejo (6108 m; López-Escobar *et al.* 1985), Castillo (5485 m), Caldera Diamante, Listado (4250 m) y Picos del Barroso (5000 m). Todos se encuentran muy erosionados y los que se encuentran más al norte colapsaron lateralmente

formando avalanchas debido a la inestabilidad causada por alteración hidrotermal y erosión intensa. Los centros más jóvenes consisten en estratovolcanes como el Tupungato, Tupungatito (5682 m), complejo volcánico San José (5856 m) ubicado sobre el Marmolejo y el volcán Maipo que se encuentra dentro de la Caldera Diamante. En la figura 6 se muestra la ubicación de los centros volcánicos más importantes (cuadro rojo) con respecto a la Zona Volcánica Sur. Los volcanes Tupungatito, San José y Maipo han tenido erupciones históricas, las más recientes en 1987, 1960 y 1912, respectivamente. Estos tres centros volcánicos poseen altas elevaciones (>5290 m), se encuentran cubiertos de nieve y hielo y forman parte del sistema de drenaje que alimenta al río Maipo, el cual fluye al sur de Santiago, la ciudad más grande de Chile (Stern *et al.*, 2007).

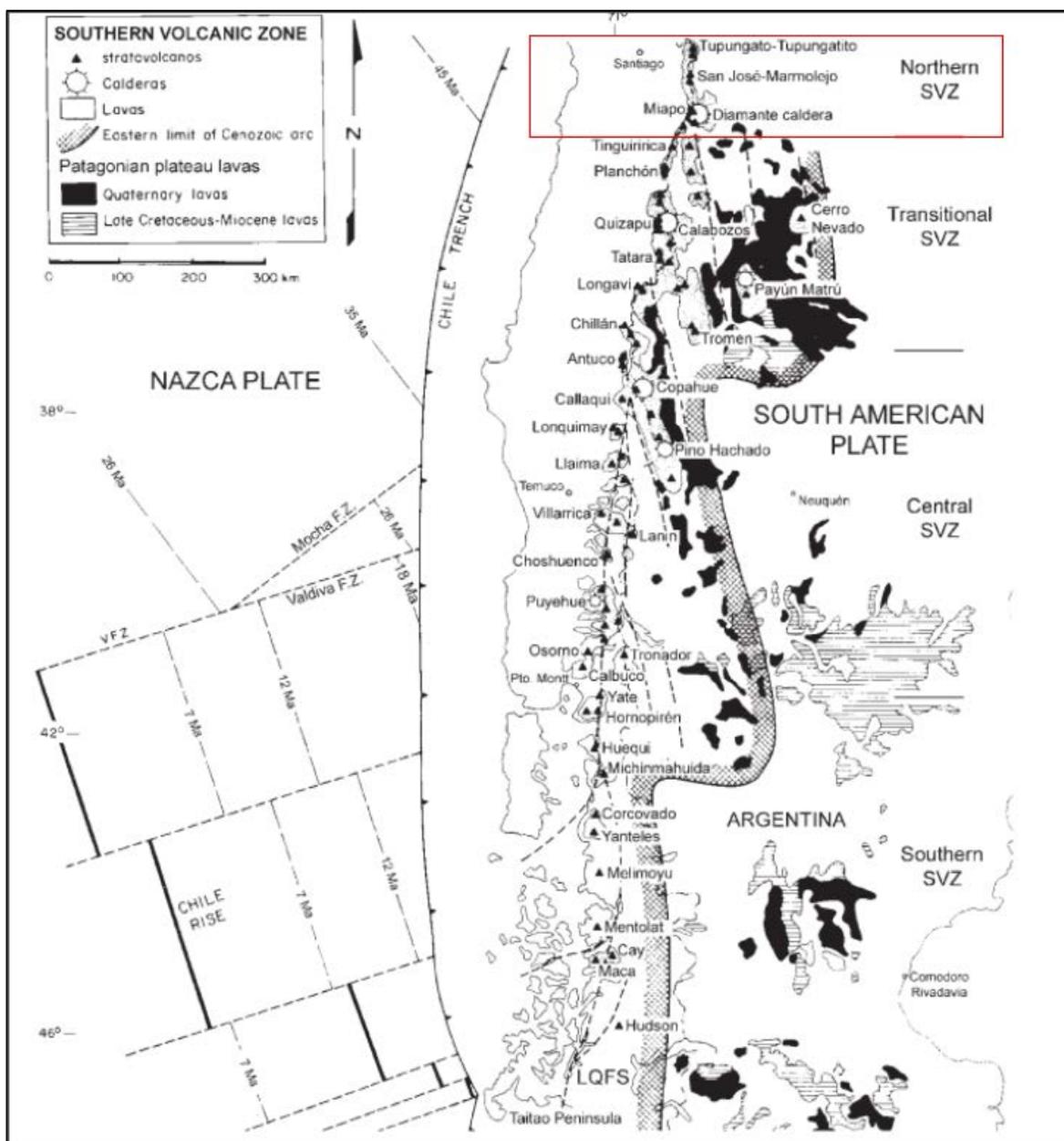


Figura 6: Principales volcanes de la Zona Volcánica Sur. Modificado de Stern *et al.* (2004).

### 2.1.2. Contexto local

La Ignimbrita Pudahuel se asocia al complejo volcánico Maipo (Polanski, 1962), el cual se encuentra en el límite de Chile con Argentina en los 34°09'S, 69°49'W aproximadamente. Esta unidad será descrita con mayor detalle en el capítulo 2.2. Debido a que en territorio chileno no se cuenta con un mapeo de la zona, para la confección del marco geológico en el que se encuentra la ignimbrita, se utilizará la hoja geológica 3569-I Volcán Maipo del SEGEMAR (Sruoga *et al.*, 2005a).

En esta región la historia geológica comienza con las rocas metasedimentarias de la Formación Las Lagunitas que afloran en la Cordillera Frontal (al este del Volcán Maipo) y que se formó durante el Ordovícico Superior (Tickyi *et al.*, 2009). Durante el Devónico inferior ocurre una deformación regional y el emplazamiento del Plutón Pampa de los Avestruces. En el Permotriásico ocurre el evento tecto-magmático que da origen al Grupo Choiyoi. Posteriormente durante el Mesozoico ocurre sedimentación en ambiente marino y continental. En el Cenozoico ocurre el evento orogénico Andino y con él deformación con depositación sin-orogénica y volcanismo de arco y retroarco.

En las paredes de la Caldera Diamante se observa una secuencia pre-cuaternaria correspondiente a rocas sedimentarias mesozoicas que conforman una faja plegada y corrida con orientación N-S, que se encuentra intruída por cuerpos subvolcánicos y cubierta por lavas, probablemente mio-pliocenas (Sruoga *et al.*, 2005b). En la figura 7 se puede observar el mapa geológico del volcán Maipo y sus zonas aledañas.

Las principales formaciones y unidades que se encuentran en la zona aledaña a la Caldera Diamante son las siguientes:

- **Formación La Manga:** Está conformada por areniscas de color gris verdoso y conglomerados lenticulares en su base. Hacia arriba se observan margas y calizas con restos fósiles. Posee un espesor total de entre 250 y 400 m. El ambiente de formación varía desde continental en su base hasta marino de plataforma somera en su techo. Se le asigna una edad oxfordiana debido a su contenido fosilífero. Pasa de manera transicional a la Formación Auquilco.

- **Formación Auquilco (Yeso Principal):** Está conformado por yeso casi puro, de color blanco a grisáceo con intercalaciones de calizas con presencia de amonites. Posee dos litofacies: laminada y nodular. Tiene una potencia de hasta 200 m. Según Legarreta *et al.* (1993) el ambiente de formación es probablemente marino mesohialino sometido a reiterada exposición subaérea. Por la presencia de fósiles se le asigna una edad oxfordiana-kimmeridgiana (Volkheimer, 1978). Se encuentra cubierta por la Formación Tordillo.

- **Grupo Mendoza:** En esta zona este grupo se encuentra integrado por las formaciones Río Damas-Tordillo, Vaca Muerta, Chachao y Agrio (Legarreta *et al.*, 1981; Kozłowski y Baldi, 1983).

- **Formación Río Damas:** Se considera el equivalente lateral de la Formación Todillo (Davidson y Vicente, 1973; Yrigoyen, 1979). Corresponde a un complejo volcano-sedimentario compuesto por coladas basálticas y andesíticas, potentes mantos de brechas, conglomerados y areniscas, depósitos piroclásticos intercalados y enjambres de diques andesíticos. Está intruída

por pórfidos riódacíticos terciarios. En Chile posee un espesor aproximado de 4000 m (Groeber, 1947). Debido a que se encuentra interdigitada con capas clásticas de la Formación Tordillo se le asigna una edad kimmeridgiana. La parte sedimentaria de esta formación se habría acumulado en el borde oriental de un arco volcánico activo, en un sistema de abanicos aluviales coalescentes y ríos anastomosados (Davidson, 1988). Se apoya en discordancia con la Formación Auquilco y es cubierta en concordancia por capas marinas del Tithoniano inferior.

- **Formación Tordillo:** Consiste en una alternancia de conglomerados polimícticos de color rojizo, areniscas y niveles de arcillas y limolitas de color marrón rojizo. Posee espesores de hasta 600 a 700 m. Se formó en un ambiente continental (Legarreta *et al.*, 1993). Sus relaciones estratigráficas permiten asignarle edad kimmeridgiana.

- **Formación Vaca Muerta:** La facies proximal, observada en el río Diamante, está constituida por conglomerado polimíctico y areniscas lítico-cuarzosas con intercalaciones calcáreas fosilíferas. La facies distal está constituida en su sección inferior por boundstone algáceo, lutitas negras, mudstones arcillosos, wackstones y limolitas calcáreas con nódulos de micrita, mientras que su sección superior está conformada por arcillas limosas castaño-amarillentas alternadas con wackstones arenosos. Localmente se observan bancos de tobas y coladas lávicas intercaladas lo que indica actividad volcánica contemporánea con la sedimentación. En las nacientes del río Diamante esta formación se encuentra intruida por diques y filones asociados a intrusivos terciarios. Las facies proximales corresponden a un ambiente fluvial de baja a moderada sinuosidad y las distales a un ambiente marino con variaciones periódicas de profundidad (Legarreta *et al.*, 1993). En las zonas cercanas al volcán Maipo presenta un carácter transgresivo apoyándose en discordancia sobre los terrenos paleozoicos de la Cordillera Frontal, mientras que hacia el sur-oeste se encuentra sobre la Formación Tordillo. El contenido fosilífero permite asignarle una edad entre el Tithoniano y el Valanginiano (Leanza y Hugo, 1978; Riccardi *et al.*, 1993). Es cubierta en concordancia por la porción superior marina del Grupo Mendoza.

- **Formación Chachao:** Está constituida casi exclusivamente por packstones de color gris oliva claro con restos fosilíferos. En el margen sur del río Diamante se encuentra atravesada por diques de diabasa. Su espesor no supera los 30 m. Corresponde a un ambiente de rampa carbonática. Se le asigna una edad valangiana superior-hauteriviana inferior por su contenido fosilífero.

- **Formación Agrio:** Presenta una litología y facies muy similares a las descritas para la Formación Vaca Muerta. Las facies proximales consisten en areniscas calcáreas y limolitas amarillentas con restos fosilíferos fragmentados, mientras que su facies distal se encuentra constituida por alternancia de limoarcilitas, limoarcilitas calcáreas y bancos de mudstone con pelecípodos e impresiones de amonites. La facies distal posee un espesor aproximado de 270 m. La facies distal corresponde a un ambiente marino de aguas calmas con variaciones ocasionales de profundidad, mientras que la facies proximal a un ambiente marino somero de aguas agitadas (Legarreta *et al.*, 1981). Por el contenido amonitifero de esta formación se le asigna una edad hauteriviana-barremiana inferior.

Tanto la formación Chachao como la Agrio se apoyan en concordancia sobre las distintas facies de la Formación Vaca Muerta.

- **Formación Saldeño:** Se puede dividir en tres miembros (Ramos *et al.*, 1999): Miembro Conglomerado basal, Miembro Pelitas y Tobas que posee pelitas y arcilitas rojizas con intercalaciones de delgados bancos calcáreos y Miembro Calizas y Tobas compuesto por bancos calcáreos con intercalaciones de delgados niveles de areniscas tobas. Alcanza un espesor máximo de 250 m. Según Tunik (1999) las facies observadas en la formación se pueden asociar a un ambiente submareal a intermareal y a un ambiente de depositación intermareal superior a supramareal. Por relaciones estratigráficas se le asigna una edad cretácica superior (Polanski, 1957; Ramos *et al.*, 1999).

- **Formación Palaoco:** Corresponde a un complejo magmático que incluye facies intrusivas y facies volcánicas (lávicas y piroclásticas). Las lávicas corresponden a gruesas coladas de basalto y basandesita de hasta 600 m de potencia. En algunas zonas se encuentran cuerpos intrusivos y diques subvolcánicos e hipabisales de carácter dacítico a riodacítico (Sruoga *et al.*, 1998b). Estos cuerpos poseen un volumen de magma importante y cortan a los estratos jurásico-cretácico, principalmente a los de las formaciones Auquilco, Vaca Muerta y Río Damas-Tordillo. Se ha obtenido una edad K/Ar sobre biotita de  $28 \pm 1$  Ma correspondiente al Oligoceno superior. En las zonas en donde se encuentra interdigitada con las formaciones Palaoco y Loma Fiera se tiene una edad  $17 \pm 2$  Ma (Mina Theys) que se puede considerar representativa para la unidad volcánica en cuestión. Se le asigna una edad en el lapso Oligoceno superior-Mioceno inferior. Tentativamente se correlaciona con la parte basal de la Formación Farellones en Chile.

- **Formación Papal:** Herrero Ducloux e Yrigoyen (1952) dividieron esta unidad en cuatro grupos, de base a techo: un Grupo Basal conformado por margas grises, rojizas y pardo verdosas, con areniscas lajosas, un Grupo Yesoso inferior compuesto por yeso con arcillas arenosas intercaladas, un Grupo Arcilloso intermedio, de color rojizo con areniscas tobáceas grises y un Grupo Yesoso superior. Su potencia alcanza los 350 m. Según Pérez *et al.* (1997) esta formación puede asociarse a un sistema lagunar de aguas someras hipersalinas sometidas a marcada exposición subaérea. Por relaciones estratigráficas con niveles equivalentes, Pérez *et al.*, (1997) le asignaron una edad miocena media. Se apoya en discordancia angular sobre los estratos plegados mesozoicos y se presenta intruida por stocks y filones de edad huincanlitense (Herrero Ducloux e Yrigoyen, 1952).

- **Formación Agua de la Piedra:** Su base se constituye por conglomerados con clastos de tamaño variable, en su mayoría rocas andesíticas, envueltos en una matriz areno-tobácea de color blanco. Posteriormente se observa una secuencia grano-creciente con predominio de areniscas finas, rojizas, algo tobáceas que hacia arriba se intercala con conglomerados polimícticos y en la parte superior se observan solo conglomerados con rodados de andesitas, pórfiros y rocas sedimentarias mesozoicas con moderada cementación (Yrigoyen, 1993). En la cuchilla la Tristeza posee un espesor de 700 m (Kozlowski y Baldi, 1983). Los depósitos basales indican una distribución uniforme del material detrítico, mientras que se ubican en las zonas media y superior muestran un ambiente inestable con mayor energía, con cauces anastomados sumados a una creciente subsidencia de la cuenca de antepaís (Yrigoyen, 1993). Por otro lado Combina *et al.* (1994) propusieron un paleoambiente de abanicos aluviales, en secuencia de cabecera a cuerpo externo desarrollados en un clima semiárido; este se encontraría asociado al ascenso de la Cordillera de los Andes con un arco volcánico activo situado al oeste de la cuenca de antepaís, representado por la Formación Huincán (Combina *et al.*, 1997). Se considera de edad oligocena y asociada a la actividad de la Fase Incaica del ciclo Andino.

- **Formación Huincán:** Se compone por dos facies una extrusiva y otra intrusiva. Cerca del río Diamante predomina el emplazamiento en forma de domos exógenos y en menor proporción en filones y diques. Los domos andesíticos intruyen a las formaciones Agrio y Huitrín y al Grupo Neuquén. En la pared de la Caldera Diamante se observa una sucesión de coladas, ignimbritas, depósitos laháricos y piroclásticos, lo que permite suponer la existencia de estratovolcanes de considerables dimensiones para tiempos miocenos. Corresponden a andesitas con hornblenda. Su edad se encuentra acotada al Mioceno medio a superior por edades de Ar/Ar en localidades del sur del río Diamante las cuales oscilan entre 13 y 5 Ma (Baldauf *et al.*, 1992; Nullo *et al.*, 1997). Según Combina *et al.* (1997) este evento volcánico es sincrónico con la sedimentación miocena representada por las formaciones Agua de la Piedra y Loma Fiera.

- **Formación Coyocho:** Corresponde a coladas lávicas, tobas, brechas ígneas y aglomerados volcánicos de composición basáltica hasta andesítica. Además se incluyen núcleos intrusivos de composición equivalente.

- **Formación La Invernada:** Se encuentra bien expuesta entre los ríos Yaucha y Papagayos (Polanski, 1964), consta de dos miembros: uno inferior, de 18 m de espesor compuesto por areniscas estratificadas, conglomerados y areniscas medianas de color rosado y un miembro superior de 20 m de espesor, que corresponde a fanglomerados gruesos con clastos de hasta 5 m de diámetro y matriz arenosa (Polanski, 1963). Se asocia a un ambiente de abanicos aluviales vinculados al ascenso del frente montañoso. Se encuentra sobre rocas sedimentarias plegadas del Terciario y está cubierta por los depósitos de la Asociación Piroclástica Pumícea.

- **Ignimbrita Pudahuel (Asociación Piroclástica Pumícea):** Definida por Polanski (1962) en Argentina e identificada como Ignimbrita Pudahuel por Wall *et al.* (1996). Corresponde a un depósito de flujo piroclástico asociado al complejo volcánico Maipo. Posee una gran extensión, encontrándose afloramientos en los valles de los ríos Yaucha y Papagayos en Argentina y en los de los ríos Maipo y Cachapoal en Chile. Stern *et al.* (1984) le asocian una edad de 0,45 Ma obtenida con el método de fission track en circones. En Argentina se encuentra sobre los depósitos de la Formación La Invernada y está cubierta depósitos recientes. En Chile en algunos sectores se observan estos depósitos se encuentran cubriendo rocas mesozoicas y en algunas zonas se encuentran cubiertos por depósitos aluviales y de quebrada (Godoy *et al.*, 2009).

- **Asociación Volcánica Neopleistocena:** Para el caso del volcán Maipo Sruoga *et al.* (1998b) indican que es posible la diferenciación de cuatro episodios eruptivos de composición andesítica a dacítica. Los tres primeros episodios pueden ser asignados a esta unidad y corresponden a andesitas con piroxeno que son las emisiones más antiguas y se presentan como remanentes de coladas cubiertas por depósitos de origen glacial, dacitas con piroxeno y hornblenda que representan el episodio de mayor volumen y se trata de coladas fluidales con depósitos piroclásticos intercalados, por último andesitas con piroxeno que probablemente provienen de un cono adventicio en la zona oriental del volcán y que, al igual que las coladas, se encuentra cubierto por una capa de origen glacial. Debido a la localización topográfica de dichas coladas y a los depósitos morrénicos se les puede asignar una edad anterior a la última glaciación. Debido a la falta de dataciones absolutas, esta unidad se atribuye al Pleistoceno superior (Polanski, 1963).

- **Depósitos Glaciales:** Corresponden a bloques, gravas y arenas. En la zona de la Cordillera Principal se preservan depósitos morrénicos de la última glaciación. Al norte del volcán Maipo, contra la pared de la cardera, se observan depósitos morrénicos que evidencian

varios episodios de retroceso glacial. Por relaciones estratigráficas esta unidad se asigna al Pleistoceno superior.

- **Asociación Volcánica Postglacial:** Corresponde a andesitas, dacitas, ignimbritas y basaltos olivínicos que no han podido ser vinculados a un centro en particular. En el volcán Maipo las últimas manifestaciones de actividad volcánica podrían encontrarse dentro de esta unidad. Pertenecen al ambiente de arco volcánico cuya posición debió ser muy parecida a la actual.

Por último, en la zona existen depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa que corresponden a arenas, gravas y limos, brechas y bloques. En particular dentro de los depósitos de remoción en masa destacan los glaciares de roca que se encuentran en la pared norte de la Caldera Diamante.

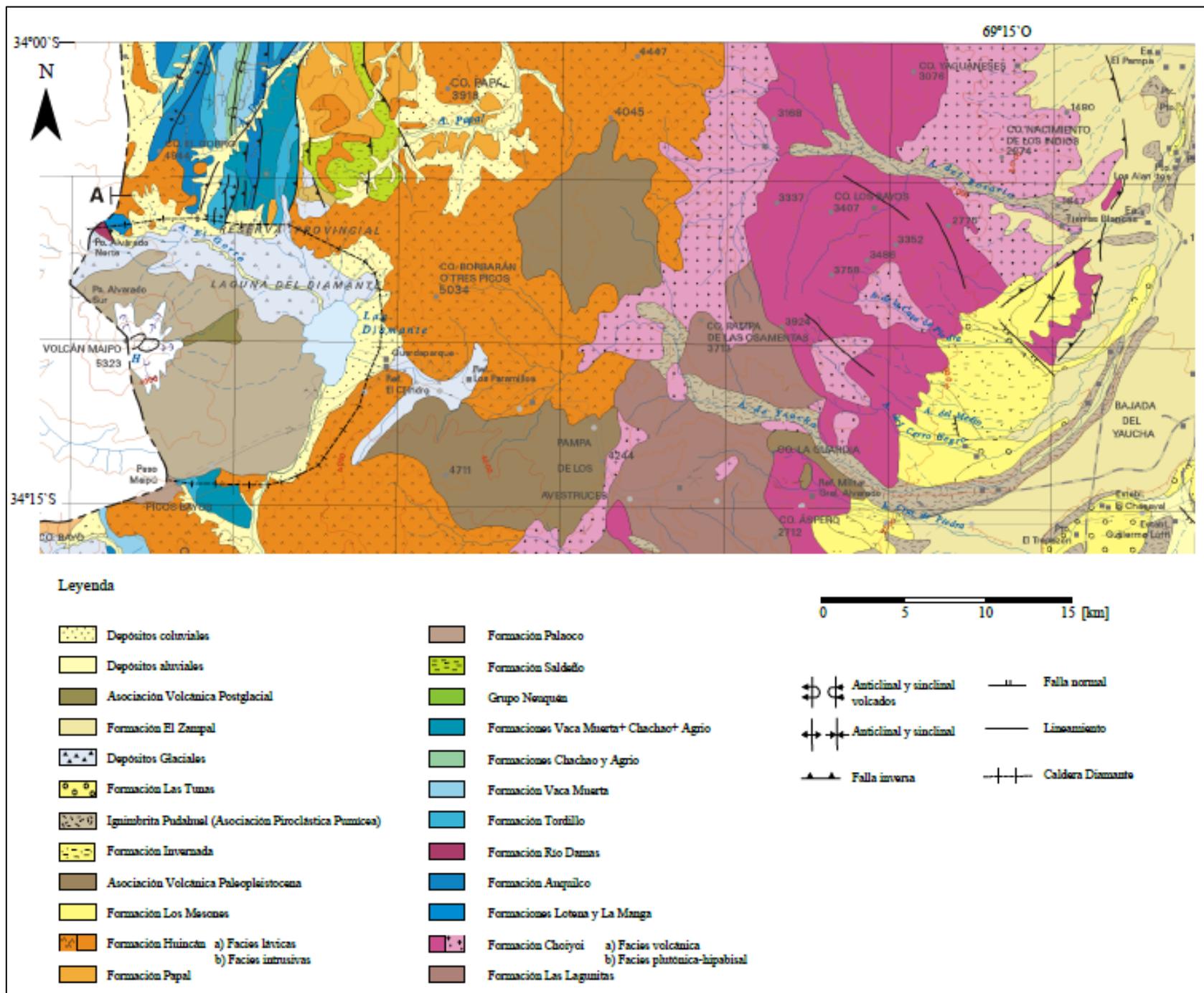


Figura 7: Mapa geológico del volcán Maipo. Extraído de la Hoja Geológica 3569-I Volcán Maipo (Sruoga *et al.*, 2005a).

Algunas de las formaciones anteriormente nombradas pueden ser correlacionadas con algunas descritas en el lado chileno. A continuación se presenta una columna estratigráfica (Figura 8) extraída del trabajo de Charrier *et al.* (2002), en donde se presentan dichas correlaciones.

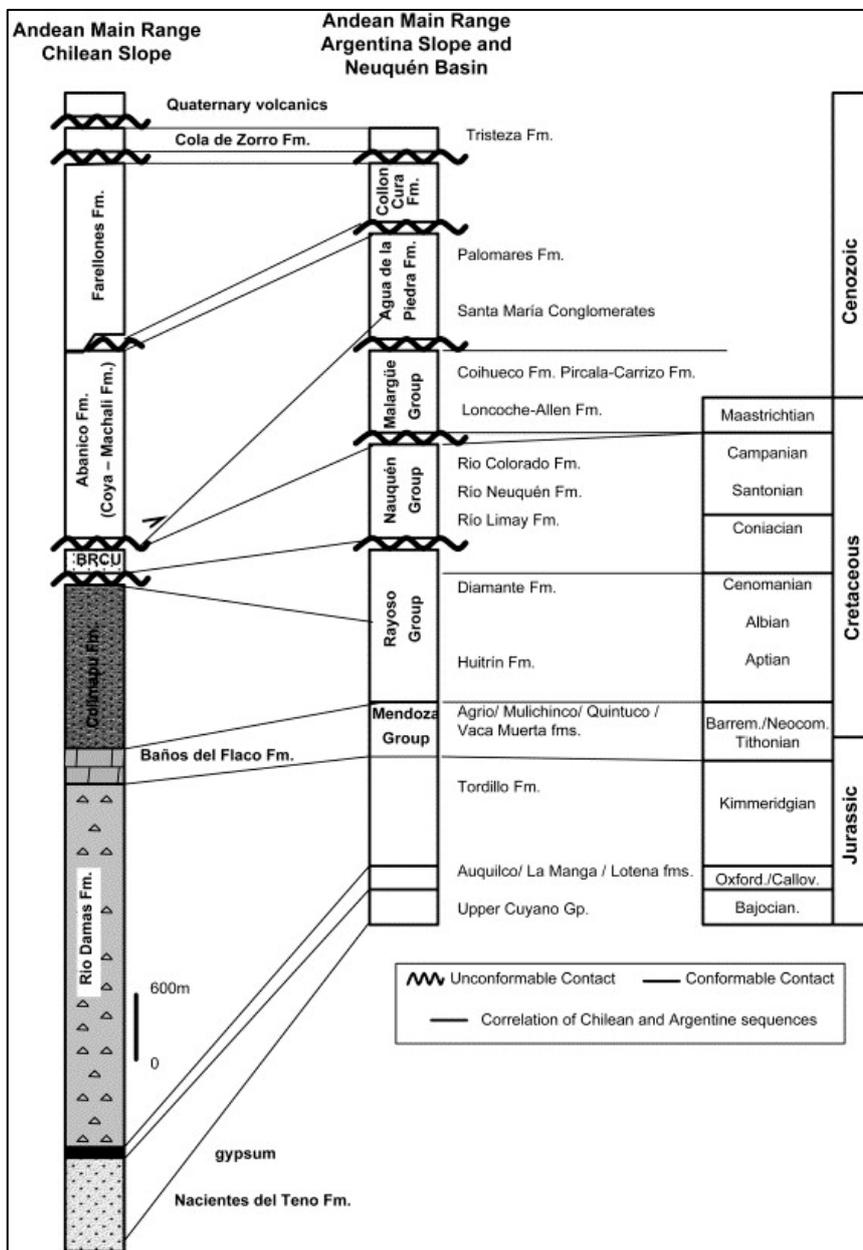


Figura 8: Correlación de formaciones chilenas y argentinas. Extraído de Charrier *et al.* (2002).

### 2.1.3. Contexto estructural

La Hoja Volcánica del Maipo destaca 7 grupos estructurales (ver Figura 9), de los cuales 6 se encuentran en contacto con las inmediaciones de la Caldera Diamante. Al norte de la caldera se encuentra la faja plegada y corrida del Aconcagua que se divide en 3 zonas (de oeste a este: zona de inversión tectónica, sistema de corrimientos fuera de secuencia, sistema de corrimientos en secuencia), es de escama delgada, presenta sentido de cizalle antitéctico con respecto a la subducción andina y se desarrolló y fue activa principalmente entre el Mioceno inferior y el superior, siendo progresivamente desactivada y atrapada en el interior del

orógeno andino debido al avance de la deformación hacia el este a partir del Mioceno superior.

Al este se encuentra el bloque de la Cordillera Frontal. La estructuración de la Cordillera Frontal como tal, se produjo durante los estadios finales de la orogenia Andina, pero con posterioridad a la Cordillera Principal (Polanski, 1964, 1972).

Al sur se encuentra la faja plegada y corrida de Malargüe que se caracteriza por un predominio del fenómeno de inversión tectónica en relación con el plegamiento y un bajo porcentaje de acortamiento (Kozlowski, 1984). Se divide en 2 zonas, que de oeste a este son:

- Sector Interno: Se caracteriza por el control estructural ejercido por el basamento, con orientación de las estructuras NNE-SSO, constituye la expresión del período de extensión ocurrido durante el Jurásico (Maceda y Figueroa, 1995) y no es coincidente con aquella originada durante la última orogenia (NNO-SSE)
- Sector Externo: Se caracteriza porque las estructura muestran una orientación general NNO-SSE cuyo origen corresponde exclusivamente a la orogenia Andina, sin intervención de estructuras previas posteriormente reactivadas).

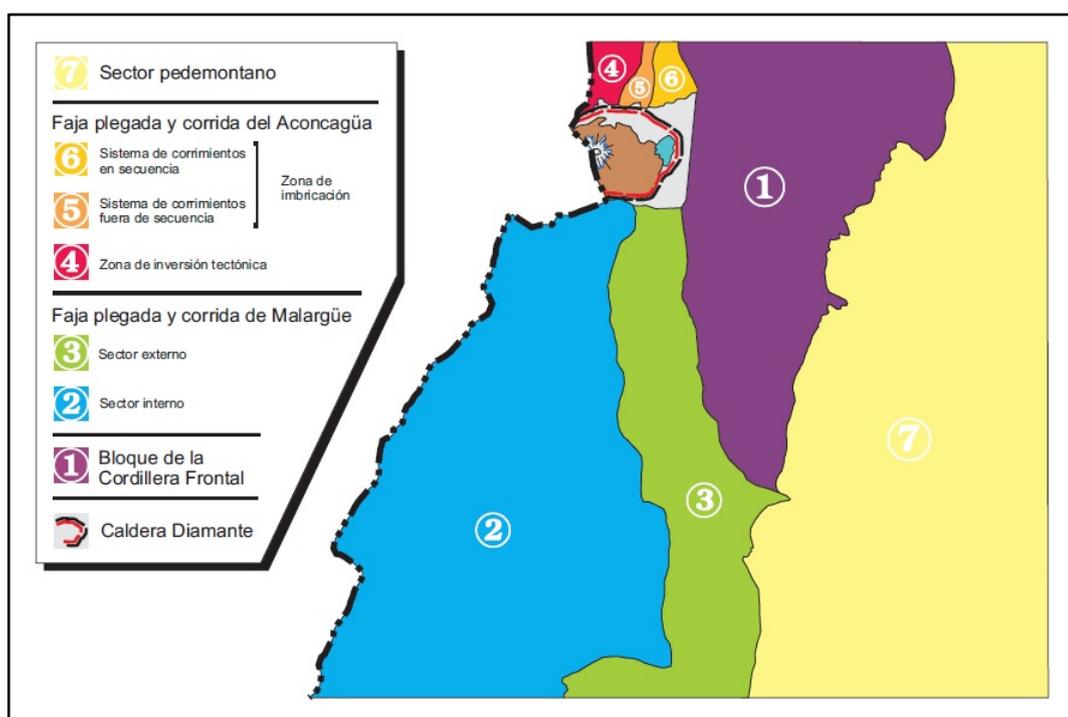


Figura 9: Dominios estructurales de la Hoja Geológica 3569-I Volcán Maipo (Sruoga *et al.*, 2005a).

## 2.2. Antecedentes de la Ignimbrita Pudahuel

La Ignimbrita Pudahuel descrita, y por primera vez asociada a una caldera de colapso en el Complejo Volcánico Maipo, por Polanski (1962), corresponde a un depósito piroclástico macizo de composición riolítica, con pumitas altamente vesiculadas y muy bajo contenido cristalino (Stern *et al.*, 1984). Su distribución es extensa encontrándose afloramientos en la zona central de Chile, en particular en localidades aledañas a los ríos Maipo y Puangue en la región Metropolitana y en los valles de los ríos Cachapoal, Rapel y Codegua en la región de O'Higgins. También se observan afloramientos en Argentina en los valles de los ríos Papagayos y Yaucha. Como se mencionó, la Ignimbrita Pudahuel se ha asociado al Complejo

Volcánico Maipo, en particular a la formación de la Caldera Diamante, la cual es una depresión con una dimensión aproximada de 20x16 km con elongación este-oeste.

Stern *et al.* (1984) propuso que posiblemente la cantidad de material evacuado, considerando valores promedio de 30 m de espesor en afloramientos chilenos y argentinos, sería de unos 450 km<sup>3</sup>. Posteriormente Guerstein (1993) recalculó este valor considerando las variaciones de los depósitos de flujos piroclásticos e indicó que el volumen mínimo sería de aproximadamente 250 km<sup>3</sup> y que los depósitos de caída alcanzarían los 20 km<sup>3</sup>. Troncoso (2012) estimó un volumen total mínimo de 260 km<sup>3</sup>, que incluyen a los depósitos de caída, a partir de la posible distribución original en Chile de la Ignimbrita.

En Argentina Guerstein (1993) identificó en superficie dos depósitos de caída basales de hasta 4 m de espesor y uno de flujo piroclástico denso superior, mientras que en Chile Lagos (2003) identificó uno en subsuperficie. Los depósitos de flujo piroclástico son identificados tanto en Chile como en Argentina y alcanzan hasta los 200 m de espesor en zonas cordilleranas y entre 0 y 3 m en valles distales (Polanski, 1962).

Lagos (2003) realiza una columna estratigráfica de la Ignimbrita considerando afloramientos en superficie y sondajes; en ella describe 4 unidades:

- **Unidad I:** Posee aproximadamente 2 m de espesor y corresponde a ceniza de grano fino compuesta de 90% de vidrio volcánico. Corresponde a un depósito piroclástico de caída.

- **Unidad II:** Posee un espesor de entre 6 y 12 m, compuesta por un 60% de matriz de vidrio volcánico tamaño ceniza fina, con piroclastos correspondientes a fragmentos pumíceos (50%), líticos (45%) y en menor cantidad cristalinicos (5%), de los cuales el 80% son de tamaño bloque o bomba y el resto de tamaño lapilli y ceniza gruesa.

- **Unidad III:** Tiene un espesor de entre 9 y 24 m, se encuentra constituida por 70% de matriz de ceniza fina compuesta por vidrio volcánico y fragmentos pumíceos, los piroclastos presentes (30%) poseen composición similar a la de la unidad anterior, pero la proporción de bombas y bloques es menor (40%) y la mayoría de los líticos poseen tamaño lapilli (60%). En su parte superior se identifican numerosas chimeneas de desgasificación con magnitudes que van desde centimétricas a métricas. Junto con la Unidad II son consideradas como las representativas del flujo principal.

- **Unidad IV:** Posee un espesor de entre 2 y 5 m, presenta un porcentaje variable de matriz (40-70%) de tamaño ceniza fina vítrea, cristales de plagioclasa (5%), de biotita (5%), líticos juveniles (5%), y además contiene un porcentaje variable (60-30%) de piroclastos que son de tamaño bomba o bloque (20%) y lapilli (80%) de composiciones de fragmentos pumíceos (55%) y líticos (35%). Esta unidad presenta estratificación, y el vidrio volcánico en la matriz se encuentra cementado, además presenta estructuras sedimentarias como dunas y antidunas. Lagos lo asocia a un depósito de oleada piroclástica que se originó luego del colapso de la columna eruptiva.

Troncoso (2012) en su memoria estudia la granulometría, composición y arquitectura de afloramientos chilenos ubicados en las regiones Metropolitana y de O'Higgins en los valles de los ríos Maipo y Cachapoal, e identifica cuatro facies de esta ignimbrita (ver Figura 10): **mLT** que describe como maciza, sin gradación y con fragmentos tamaño lapilli, reconocida en la parte media del valle del río Cachapoal; **plensmT** que también es maciza, pero de grano más fino y con lentes de pómez y ausencia casi total de líticos y que se presenta en la parte distal del río Cachapoal; **mLTpip** reconocida a lo largo del cauce del río Maipo y que es maciza con niveles ricos en líticos tamaño lapilli y bloque, con presencia de pipas de

desgasificación; y **sT** que es una facies de grano fino, bien seleccionada y con estratificación tanto paralela como cruzada, pero reconocida solo localmente en dos afloramientos. Describe a todas las facies como homogéneas composicionalmente, constituidas principalmente por fragmentos de pómez, con mayor o menor presencia de líticos mayoritariamente ígneos y con presencia de escasos cristales que en general corresponden a plagioclasa y biotita. Las diferencias que observa entre los valles de los ríos Maipo (facies **MLTpip**) y Cachapoal (facies **mLT** y **plensmT**) las atribuye a que los flujos piroclásticos que viajaron por el primero fueron más energéticos y por ende erosionaron de manera más importante el sustrato y se enriquecieron en líticos más densos, los que a su vez al ser depositados favorecieron la formación de pipas de desgasificación. Por otro lado la transición de **mLT** a **plensmT** que ella observa en el valle del río Cachapoal sería producto de un mismo flujo que perdió la capacidad de transporte aguas abajo. La mayor energía adquirida por los flujos piroclásticos en el Maipo podría explicarse por diferencias topográficas entre ambos valles. En la figura 11 se muestran tres columnas representativas de los afloramientos que presentan estas facies.

Troncoso (2012) destaca que en el valle del Cachapoal se distingue solo una unidad de flujo de la Ignimbrita, mientras que en el valle del río Maipo se reconocen claramente dos, lo que es reafirmado por una variación vertical en los componentes debido a la aparición de líticos de obsidiana en la parte superior del depósito (facies **sT** y **mLTpip**) observadas en la parte distal del mismo valle. Por último atribuye a una combinación entre las características topográficas (diferencias de elevación entre la fuente de los flujos y la altitud mínima a la que se emplazaron), a la alta tasa de descarga de material y a la gran cantidad de material muy fino (hasta casi 95% de matriz de ceniza fina) que permitió mayor fluidización al facilitar la entrada de aire a los flujos, la gran movilidad de los mismos y por ende de las grandes distancias alcanzadas.

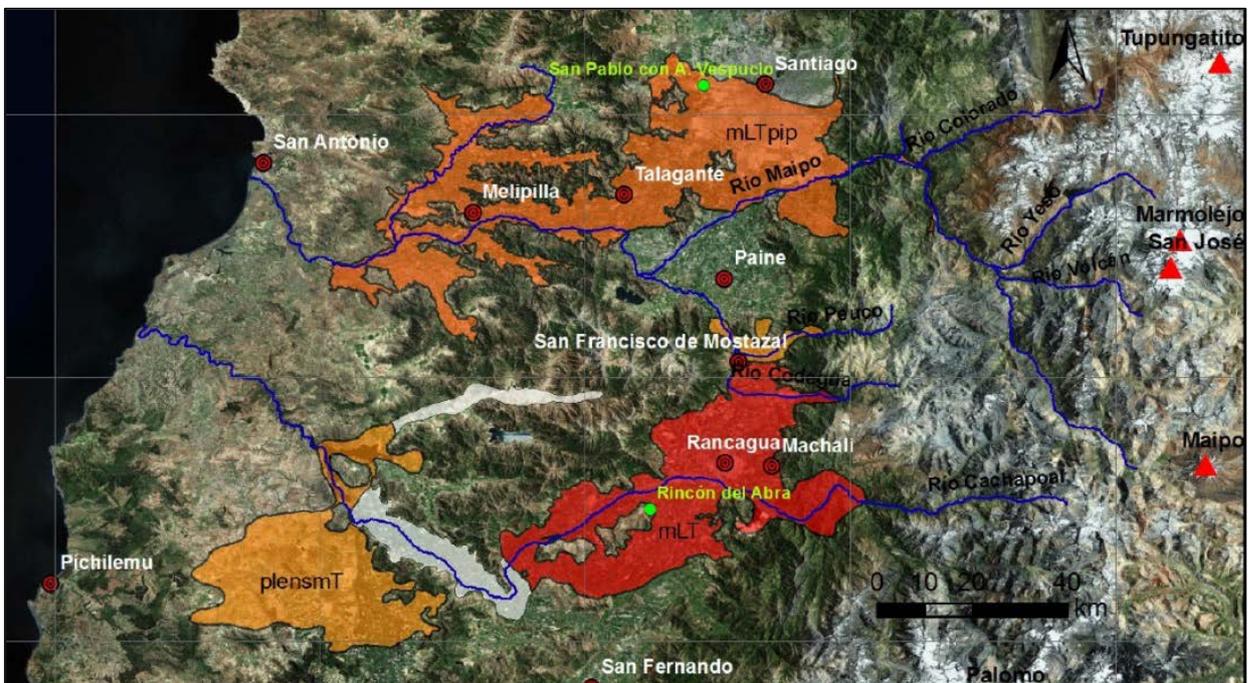


Figura 10: Facies definidas por Troncoso (2012). Mapa extraído de ese trabajo.

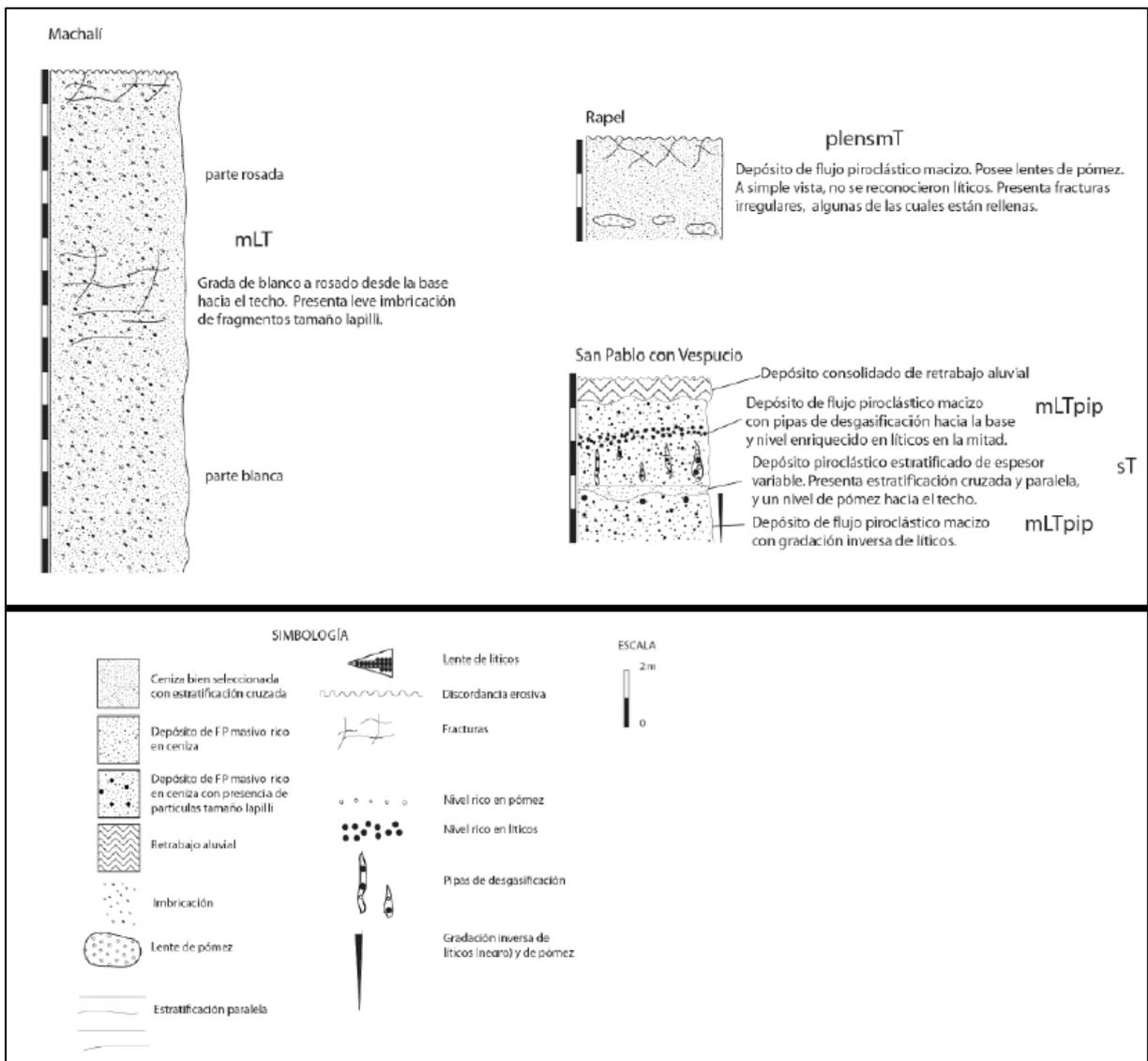


Figura 11: Columnas representativas de los afloramientos. Modificado de Troncoso (2012).

Stern *et al.* (1984) realizaron estudios geoquímicos a partir de fragmentos pumíceos de localidades cercanas a las ciudades de Santiago y Rancagua, que indican un alto contenido de sílice de la Ignimbrita (74-74 wt% de  $\text{SiO}_2$ ) y la clasificaron como una riolita. Además indican una fuerte anomalía de Eu en el diagrama de tierras raras; observan altas tasas de Sr y bajas de Nd que se asimila más a las rocas volcánicas pertenecientes a la zona volcánica central (Thorpe y Francis, 1979) que a las de la parte sur de la zona volcánica sur (Stern *et al.*, 1984b). Con respecto a la gran distribución de los depósitos estos autores señalan que la zona se encontraba menos erodada y con presencia de glaciales en el momento de la erupción y por ende los flujos piroclásticos pudieron haber viajado sobre el hielo por los diferentes valles lo que explicaría la ausencia de estos depósitos en las cercanías de la Caldera Diamante y su ocurrencia las zonas distales de los valles de los ríos Cachapoal y Maipo; a su vez el derretimiento de hielo por el contacto del flujo habría favorecido su fluidización y su extrema movilidad permitiendo su llegada a una distancia muy grande de su fuente.

A partir de criterios estratigráficos, Polanski (1962) indicó que la edad de los depósitos en Argentina era pleistocena tardía. Stern *et al.* (1984) obtuvieron una edad aproximada de  $0,45 \pm 0,06$  Ma mediante el método de trazas de fisión en circones; en su trabajo dataron los circones separados de fragmentos pumíceos de dos localidades, una en la zona oeste de Santiago y otra en la zona este de Rancagua, obteniendo edades de  $0,47 \pm 0,07$  Ma y  $0,44 \pm$

0,08 Ma respectivamente; debido a la incerteza del método utilizado, no aseguran que los afloramientos estudiados se hayan emplazado en un solo día y por lo tanto no descartan la posibilidad de que se hayan emplazado en unos cuantos años o incluso en un lapso de entre 10000 a 50000 años. Wall *et al.* (2001) obtuvieron dos edades plateau con el método de  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en biotitas separadas de fragmentos pumíceos y que son de  $2,3 \pm 0,3$  Ma y  $2,2 \pm 0,3$  Ma. Lara *et al.* (2008) realizaron dataciones con el método U-Th-He en circones separados de pumitas y obtuvieron una edad aproximada de 0,15 Ma. La edad de este depósito es, por lo tanto, una interrogante que no se ha podido responder de manera adecuada.

### 3. Marco teórico

#### 3.1. Formación de calderas

Las erupciones asociadas a la formación de calderas corresponden a las más voluminosas (hasta 5000 km<sup>3</sup>) y explosivas de la tierra y su actividad puede indicar pistas para la comprensión de la evolución climática y algunos cambios biológicos. La principal característica del volcanismo rico en sílice asociado a calderas es la depresión topográfica dejada después de la erupción. Se piensa que son el resultado de grandes explosiones que destruyeron un cono volcánico pre-existente o debido a subsidencia del techo de un reservorio antes o durante la evacuación de magma (e.g. Costa, 2008).

##### 3.1.1. Mecanismos de formación

El modelo estándar de formación de una caldera corresponde al mostrado en la figura 12, y consiste en: (A) desarrollo de una cámara magmática zonada con fraccionamiento de cristales, donde la separación de los cristales y el líquido es debido a la acumulación de cristales en la base. Ocurre una migración de los volátiles hacia la zona superior; (B) inicio de la erupción a través de un dique vertical localizado en una posición axisimétrica o en un margen de la cámara, corresponde a actividad pliniana que ocurre en principio por exsolución de volátiles; (C) la salida de magma comienza desde la parte superior de la cámara y luego de la inferior, evidencia de esto son depósitos que poseen una zonación inversa de composición y/o temperaturas y presiones pre-eruptivas, lo anterior causa despresurización y desestabilización del reservorio; (D) formación de la caldera por colapso del techo de la cámara magmática despresurizada luego de que una fracción del magma ha sido retirada, el tiempo de colapso depende de las fuerzas y del espesor de la roca del techo del reservorio.

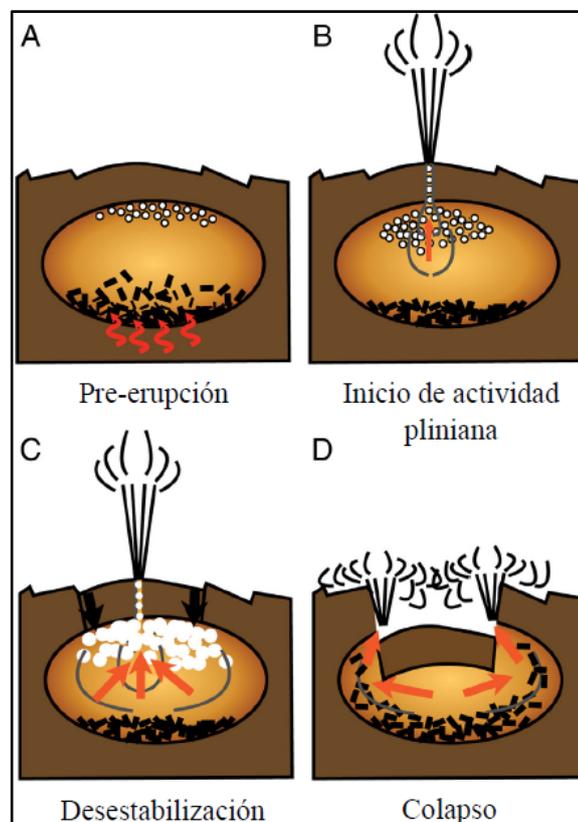


Figura 12: Modelo estándar de formación de calderas. Modificado de Cashman y Giordano (2014).

Sin embargo, durante las décadas pasadas detallados estudios volcanológicos, petrológicos y geofísicos de diversos sistemas magmáticos han mostrado que: (1) las cámaras magmáticas están compuestas principalmente por una masa (*mush*) cristalina (es decir cristales más líquido intersticial), (2) grandes volúmenes de *melt* pueden ser reunidos rápidamente, (3) las erupciones formadoras de calderas pueden ser gatilladas tanto internamente (gatilladas por la cámara) como externamente (gatilladas por el techo) dependiendo de las condiciones tectónicas, el volumen de magma acumulado, entre otras características y (4) grandes erupciones pueden nutrirse de diferentes fuentes magmáticas y poblaciones de cristales (incluyendo fenocristales, antecristales y xenocristales). Al mismo tiempo, estudios geofísicos en sistemas volcánicos activos no han localizado grandes volúmenes de magma pobre en cristales (Cashman y Giordano, 2014).

Las observaciones anteriores son difíciles de explicar con el modelo tradicional que correspondería a una sola y gran cámara magmática. Ante esto se propone un modelo diferente de formación de calderas, a partir de modelos de sistemas eruptivos máficos que suelen proponer que estos se componen de un conjunto de *sills*. El nuevo modelo propone un reservorio magmático complejo, compuesto lateral y verticalmente por lentes de material fundido en una masa (*mush*) de cristalinidad variable.

En la figura 13 se muestra un esquema que explica este modelo: A) Previo al colapso de la caldera el magma es extraído de lentes de material fundido desde el reservorio y la migración del magma es tanto lateral como vertical; B) el colapso inicia cuando suficiente material fundido ha sido retirado y por lo tanto la fuerza de la red de masa cristalina es reducida y por lo tanto esta estructura es parcialmente perturbada. Acá la altura del colapso es menor que la de profundidad del drenaje y el magma expulsado del reservorio contendrá antecristales de la red; C) cuando la red de masa cristalina es completamente evacuada la altura del colapso es igual a la del drenaje.

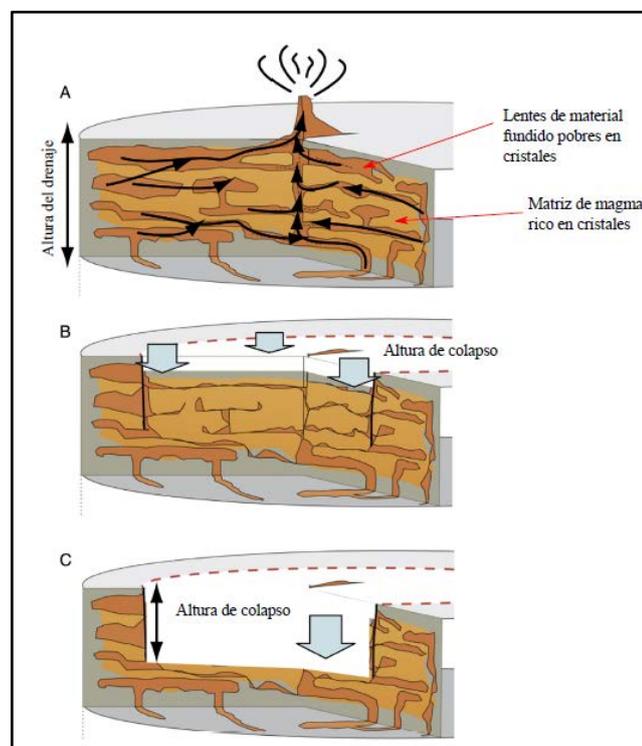


Figura 13: Modelo de formación de caldera a partir de un reservorio complejo. Modificado de Cashman y Giordano, 2014.

### 3.1.2. Tiempo de residencia de magmas asociados a calderas

Puede ser definido como el tiempo transcurrido desde que un magma se forma hasta su erupción. Se suele considerar el momento de formación de un magma cuando un determinado mineral comienza a cristalizar, presumiblemente, en la cámara magmática. Los tiempos de residencia pueden ser calculados como la diferencia entre la edad de la erupción obtenida por métodos de K-Ar (o  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ ), U,Th/He y  $^{14}\text{C}$  (para erupciones prehistóricas) y la edad provista por otros “relojes” radiogénicos como Rb-Sr y U-Th-Pb (Costa, 2008).

A partir de la recopilación de datos de los estudios de tiempo de residencia en grandes complejos volcánicos asociados a calderas, Costa (2008) entrega las siguientes conclusiones acerca del tiempo de residencia del magma en calderas:

a) Los tiempos de residencia para el caso en donde los volúmenes generados son altos (mayores a  $100\text{ km}^3$ ) varían desde unos cuantos miles de años hasta unos cuantos cientos de miles de años y puede ser una buena indicación del tiempo que el magma está sobre el *solidus*.

b) Las escalas de tiempo de procesos magmáticos específicos son en general menores a los tiempos totales de residencia del magma. La huella geoquímica de asimilación y fusión parcial de las paredes de la roca caja (e.g. Valles- Toledo) o de lavas pertenecientes a erupciones previas en la caldera (e.g. Yellowstone) pueden ocurrir bastante rápido, en menos de mil años.

Los complejos volcánicos que él considera son: Zona Volcánica Taupo, Nueva Zelanda; The Youngest Toba Tuff, Indonesia; Sistema Yellowstone, USA; Long Valley, USA; Crater Lake, USA; complejo Valles-Toledo, USA; caldera La Garita, USA; La Pacana, Chile; y Koss, Grecia. En estos estudios los tiempos de residencia fueron calculados según la diferencia entre la edad de la erupción y métodos geocronológicos en minerales que tienen una temperatura de cierre alta (U/Pb en circón).

### 3.2. Corrientes de densidad piroclástica

Las corrientes de densidad piroclásticas corresponden a una mezcla heterogénea de partículas volcánicas y gas que fluye de acuerdo a su densidad relativa con el fluido que la rodea (generalmente la atmósfera) y debido a la gravedad de la tierra. Se pueden originar por colapsos de una columna eruptiva, explosiones laterales o por el colapso de un domo de lava. Pueden transportar grandes volúmenes de material caliente de manera muy rápida y a una larga distancia, lo que constituye un gran peligro volcánico, (Branney and Kokelaar, 2002).

Producen una contraparte boyante (nube convectiva) conocida como pluma de ceniza co-ignimbrítica que puede llevar ceniza y gases a la atmósfera y causar significativas perturbaciones climáticas (Branney and Kokelaar, 2002).

#### 3.2.1. Principales mecanismos de generación de una corriente

La figura 14 presenta un esquema de Cas y Wright (1987) en donde se resumen los principales mecanismos que pueden generar una corriente de densidad piroclástica. Uno de estos mecanismos es el colapso de un domo debido a material inyectado (Figura 14a), que en algunos casos puede explotar debido al aumento de presión que generan los volátiles acumulados bajo él (Figura 14b); en estas ocasiones son generados flujos de bloque y ceniza. Otro mecanismo es el de explosión lateral dirigida (*blast*) debido a la alta energía y presión interna en la estructura (Figura 14c). Por último, una forma de generación es la que ocurre por

colapso gravitacional de la columna eruptiva, el que puede ser instantáneo, es decir, no alcanza a formar una columna eruptiva como tal (Figura 14d), puede ser asociado a erupciones discretas en donde se pierde la sustentabilidad de la columna y colapsa que es lo que ocurre en erupciones vulcanianas (Figura 14e) y a un colapso continuo de la columna, que ocurre en erupciones de gran magnitud como las plinianas (Figura 14f).

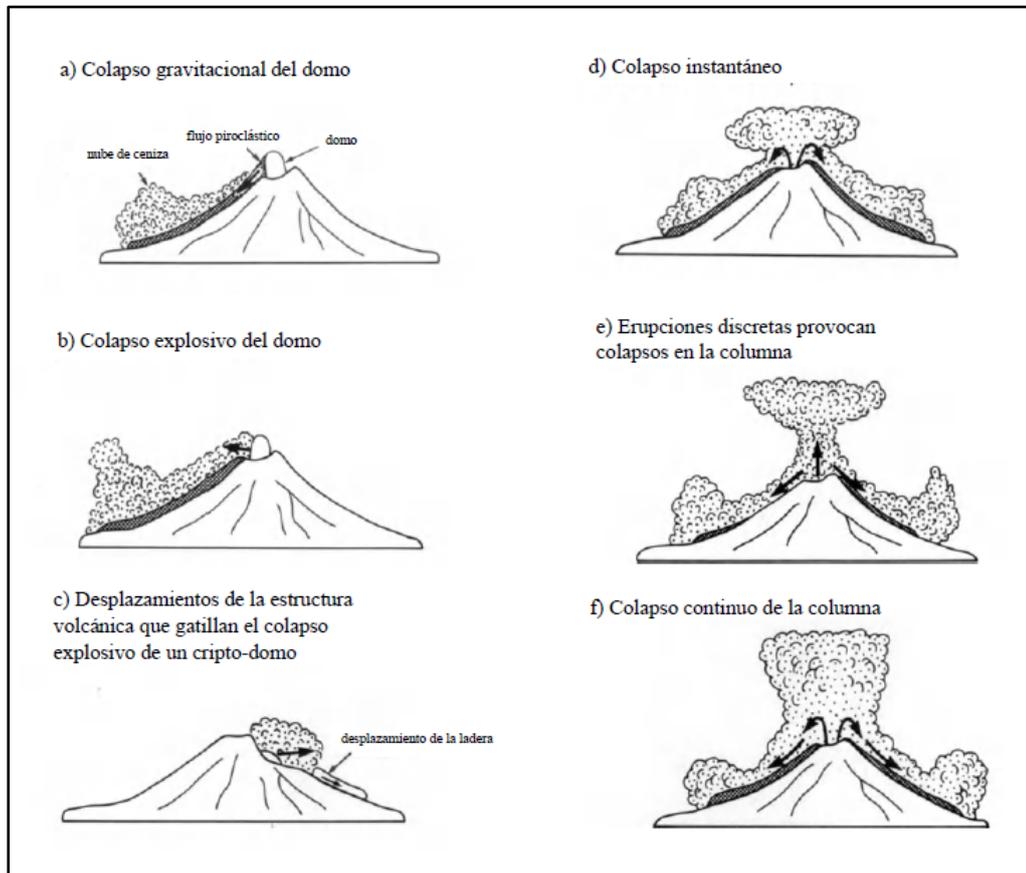


Figura 14: Mecanismos de generación de flujos piroclásticos. Modificado de Cas y Wright (1987).

### 3.2.2. Características del flujo y los depósitos asociados.

Las corrientes de densidad piroclástica se conforman esencialmente por dos contrapartes: un flujo inferior y una pluma co-ignimbrítica. El flujo inferior es más denso que la atmósfera y fluye en contacto directo con el suelo, usualmente se compone por una parte basal que es dominada por procesos de interacción de partículas y una parte superior dominada por procesos de tracción. La pluma co-ignimbrítica es menos densa que atmósfera y en ella ocurren procesos de convección (Dobran *et al.*, 1993; Sparks *et al.*, 1997). Existen intercambios de masa entre el flujo inferior y la nube convectiva que ocurren de manera continua durante el movimiento, en particular cuando existe un cambio en la pendiente que induce a sedimentación, ocurre un incremento de incorporación de aire o cuando hay cambios en el substrato (saltos topográficos, variaciones en la dureza de la superficie, presencia de agua, etc.) (Fisher, 1990; Carey *et al.*, 1996; Gurioli *et al.*, 2002). La figura 15 muestra un esquema (basado en Branney y Kokelaar (1992) y Druitt (1992)) de una corriente de densidad piroclástica y la agradación progresiva desde la base de un flujo piroclástico. El gráfico muestra los gradientes de variación vertical de la concentración de partículas y la turbulencia durante la agradación.

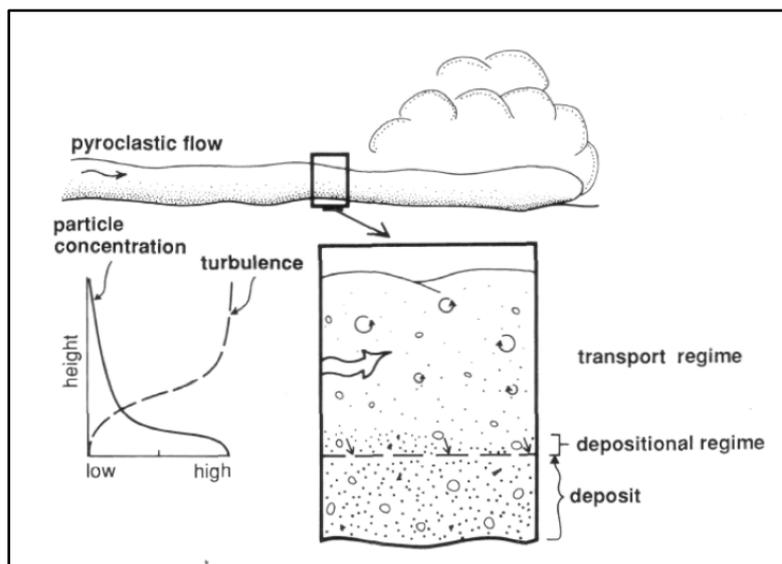


Figura 15: Esquema del depósito de un flujo piroclástico. Extraído de McPhie (1993).

Los depósitos asociados a corrientes de densidad piroclástica generalmente se categorizan según su litología y estructuras sedimentaras como ignimbritas, depósitos de oleada piroclástica y depósitos de bloque y ceniza. En particular, las ignimbritas, son típicamente ricas en clastos pumíceos y ceniza. Generalmente se conforman por una matriz mal seleccionada compuesta por partículas angulosas de vidrio y por fragmentos cristalinos que soporta clastos de pumita y lapilli lítico. Pueden estar o no compactadas dependiendo de la temperatura a la que se depositaron; se han encontrado evidencias de que esto puede ocurrir a altas temperaturas (mayores o iguales a 550°C). Pueden variar su espesor desde centímetros hasta cientos de metros y sus volúmenes varían de algunos cientos de metros cúbicos hasta miles de kilómetros cúbicos. En general se originan a partir de magmas con composiciones riolíticas a dacíticas. En la figura 16 se muestra una columna esquemática de un depósito de ignimbrita (basada en Sparks *et al.*, 1973), que se encuentra sobre depósitos co-genéticos de una oleada basal y una fina capa base y está cubierta por depósitos de ceniza fina co-ignimbríticos.

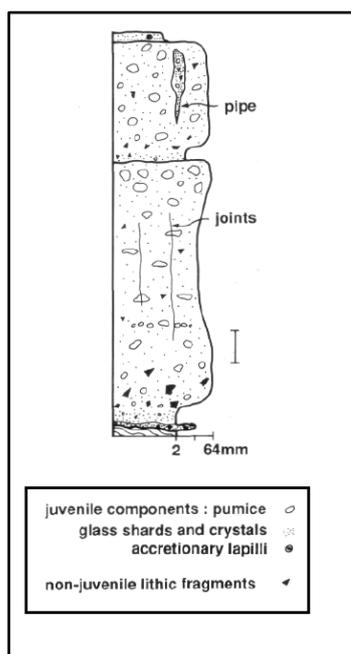


Figura 16: Esquema de depósito ignimbrítico. Extraído y modificado de McPhie (1993). La escala observada puede variar entre 1 y 10 m.

### 3.3. Fundamentos de la cátodo-luminiscencia

La emisión cátodo-luminiscente resulta de la interacción de un haz de electrones con un sólido, que en el caso de los semi-conductores y aislantes posee, además de una banda de valencia y una de conducción, una banda gap (correspondiente a la diferencia de energía entre las bandas de valencia y de conducción, es característica para cada mineral). La energía de este haz puede llegar hasta los 20 keV.

Los electrones bombardeados pueden transferir una gran cantidad de su energía a la muestra en forma de calor (alcanzando temperaturas de hasta 600-700°C), rayos X, entre otros (Goldstein *et al.*, 1981). De esta forma generan electrones secundarios que abandonan la banda de valencia y viajan hasta la banda de conducción por la banda de gap, que en el caso particular del circón se encuentra en el rango de la luz ultravioleta (230-280 nm) (Votyakov *et al.*, 1986; Krasnobayev *et al.*, 1988; Cesbron *et al.*, 1993).

En el caso más simple los electrones que fueron excitados a la banda de conducción vuelven a su estado basal emitiendo fotones, a esto se le llama luminiscencia intrínseca ((1) de Figura 17). Por otro lado, cuando los electrones vuelven al nivel basal de la banda de valencia pueden quedar atrapados momentáneamente por defectos o trampas en la banda gap ((2) y (3) de Figura 17). Cuando el electrón se libera y vuelve a retomar su camino hacia la banda de valencia, pierde energía en forma de fotones de luz. Dependiendo del tipo de trampa se puede definir como una luminiscencia intrínseca (en un sentido más amplio que la descrita anteriormente) o extrínseca. La intrínseca se refiere a defectos locales en la red cristalina que en los circones suelen estar localizados en los aniones  $[\text{SiO}_4]^{n-}$  (relacionadas a las variaciones de oxígeno); mientras que la extrínseca se refiere a la presencia de trampas de impurezas que a menudo corresponden tierras raras trivalentes y que algunos autores han identificado como impurezas de  $\text{Dy}^{3+}$  (Marshall 1988, Ohnenstetter *et al.*, 1991; Yang *et al.*, 1992; Remond *et al.*, 1992; Hanchar and Rudnick, 1995; Götze *et al.*, 1999; Kempe *et al.*, 2000; Remond *et al.*, 2000); raramente se han identificado otros centros de emisión de tierras raras como  $\text{Er}^{3+}$  (Remond *et al.*, 1992, 2000),  $\text{Sm}^{3+}$  (Götze *et al.*, 1999),  $\text{Gd}^{3+}$  (Nasadala *et al.*, 2002) y  $\text{Nd}^{3+}$  (Götze *et al.*, 1999). La figura 18 muestra dos imágenes de circones obtenidas con cátodo-luminiscencia.

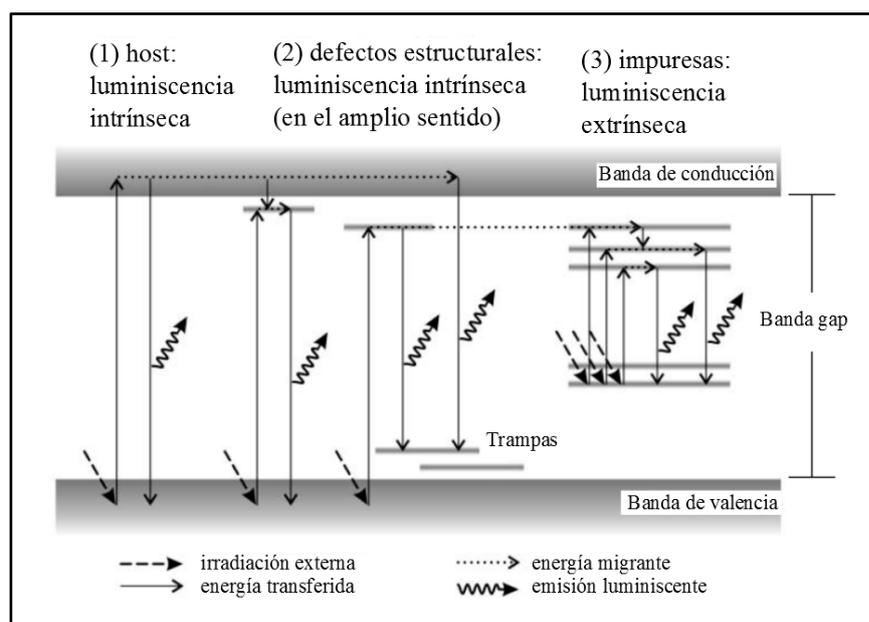


Figura 17: Imagen extraída de Nasadala *et al.* 2003.

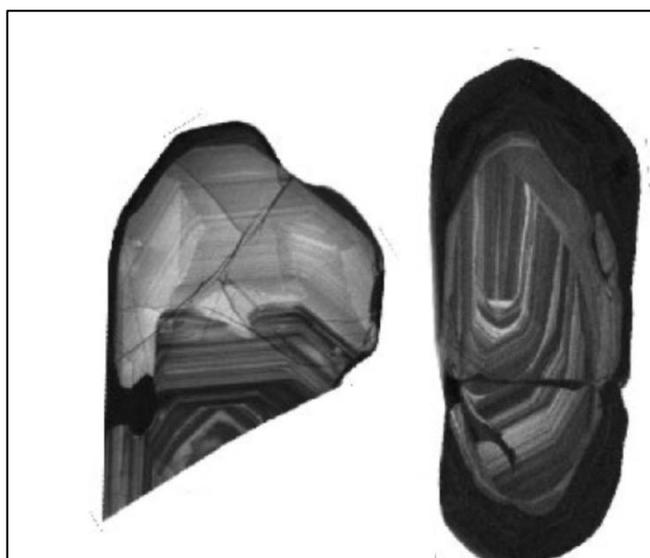


Figura 18: Imágenes CL de circones de entre 70 y 250  $\mu\text{m}$  con zonación y reabsorción de un granito. Modificada de Corfu *et al.* 2003.

### 3.4. Fundamentos del ICP-MS

Un espectrómetro de masa es un instrumento diseñado para separar átomos cargados y moléculas según sus masas. La mayoría de los espectrómetros usados en geología isotópica son del tipo magnético o del tipo cuadrupolo. Los espectrómetros modernos consisten en tres partes esenciales: (1) una fuente mono-energética de un haz de iones, (2) un analizador y (3) un colector de iones (ver Figura 19). Todas estas partes se encuentran en el espectrómetro a presiones de órdenes de  $10^{-6}$ - $10^{-9}$  mm Hg.

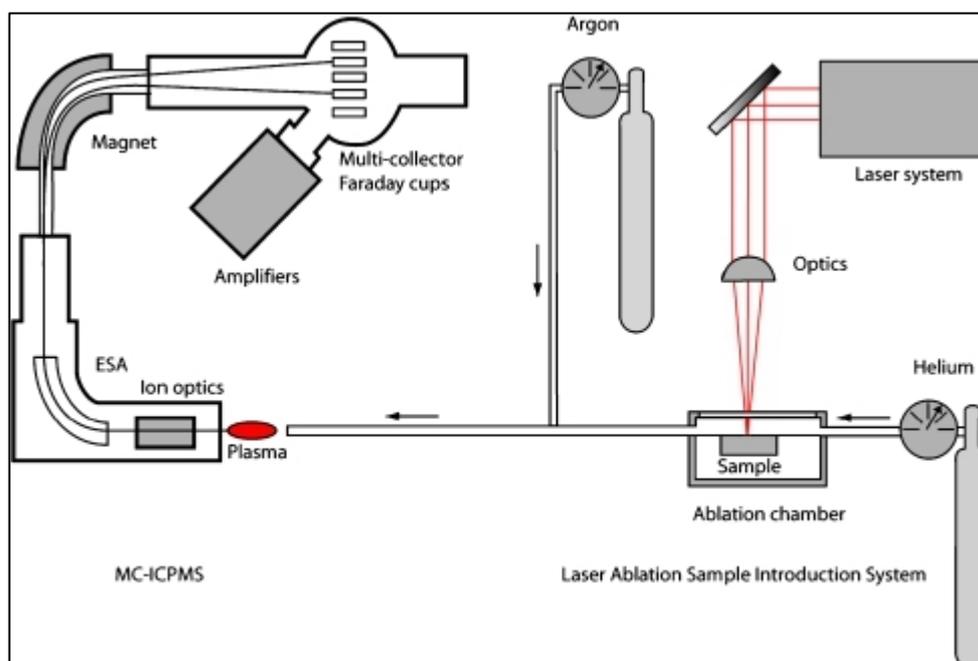


Figura 19: Diagrama esquemático de un espectrómetro de masas tipo sector magnético con multicolectores y un sistema de ablación láser. Extraído de Vroon *et al.* (2007).

Para realizar el análisis, la muestra es sometida a ablación láser, en donde el material ablacionado es transportado al ICP a través de un gas portador. En el ICP se produce un plasma a partir del gas argón. Este plasma es un fluido similar al gas, pero que contiene un

alto número de electrones y iones libres; en el plasma la muestra es vaporizada, atomizada y finalmente ionizada (Longerich, 2008).

Los iones resultantes son acelerados y colimados por medio de placas adecuadamente espaciadas. El haz de iones entra al campo magnético generado por un electroimán cuyos polos están ubicados de tal manera de que las líneas de campo magnético sean perpendiculares a la dirección del haz de iones. El campo magnético desvía los iones en trayectorias curvas cuyos radios son proporcionales a las masas de los isótopos, siendo los iones más pesados menos desviados que los más livianos. Estos haces separados continúan por el tubo analizador hasta el colector (o colectores), donde generan cargas eléctricas positivas. Los haces que entran al colector son neutralizados por electrones que fluyen desde el colector a través de un resistor ( $10^{10}$ - $10^{12}$   $\Omega$ ). La diferencia de voltaje generada en las terminales del resistor es amplificada y medida con voltímetros digitales o análogos. La señal resultante corresponde a una serie de picos y valles que forman el espectro de masa del elemento. Cada pico representa una relación masa-carga discreta que identifica a cada isótopo en el espectro de masa del elemento analizado. La altura de estos picos es proporcional a las abundancias relativas de los isótopos (Faure y Mensing, 2004).

## 4. Petrografía y petrología

### 4.1. Petrografía de muestras

Para realizar una descripción petrográfica de la Ignimbrita se realizaron cortes a partir de briquetas hechas con muestras deleznable de la unidad. Por esto y por el pequeño tamaño de los cristales la caracterización al microscopio petrográfico es difícil y en general las descripciones se basan en imágenes obtenidas mediante SEM.

Las fases presentes en las muestras corresponden a líticos, pómez, fenocristales de plagioclasa, vidrio y en menor medida minerales como biotita, además de algunos minerales accesorios como opacos, circones y apatitos. Se consideraron como fenocristales los cristales cuyo tamaño es de más de 0,5 mm.

Con el *software JMicrovision* se realizó conteo modal de 4 muestras de diferentes zonas de la Ignimbrita, para ello se utilizaron imágenes de los cortes obtenidas en el SEM debido a la dificultad para reconocer las diferentes fases a partir de imágenes obtenidas en microscopio petrográfico. A partir de cada muestra se seleccionaron 4 imágenes de diferentes partes del corte en donde se contaron 500 puntos por imagen, es decir, 2000 puntos por corte; para el conteo se utilizó una grilla recursiva de tal manera de abarcar la mayor área posible dentro de cada imagen. Los porcentajes obtenidos se han normalizado para no considerar la resina presente en los cortes. En la figura 20 se presentan las fases identificadas en los cortes.

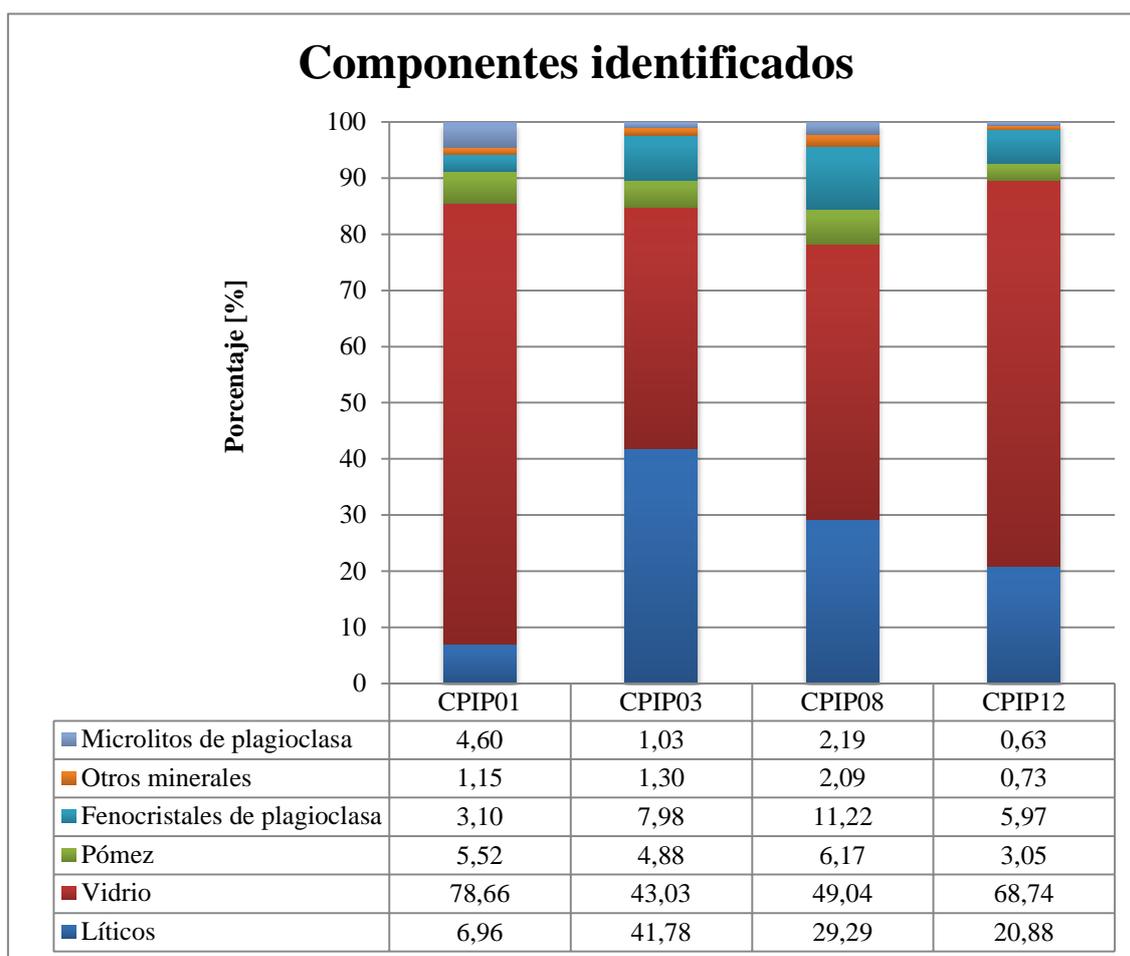


Figura 20: Fases identificadas en los cortes de las muestras CPIP01, CPIP03, CPIP08 y CPIP12, sobre 2000 puntos por muestra.

Las muestras contienen un muy alto porcentaje de vidrio, en particular esquirlas de tamaños variables entre 200 y 20 micrones aproximadamente. La pómez presente en los cortes contiene vesículas alargadas y poseen tamaños aproximados de entre 700 y 10 micrones. Los líticos presentes son de carácter poli-composicional.

#### 4.1.1. Plagioclasas

El 100% de los fenocristales estudiados corresponde a plagioclasas. Estos minerales se presentan en su gran mayoría con formas subhedrales y hábito tabular o con forma anhedral, y excepcionalmente euhedrales. En ocasiones se encuentran con fracturas y/o disgregadas. En el microscopio petrográfico no es posible distinguir microlitos. Debido a la forma levemente rectangular de algunas esquirlas, es difícil diferenciarlos incluso con la utilización del SEM. Por otro lado, si bien existe un porcentaje no menor de plagioclasas que pudieron ser identificadas en SEM y que poseen tamaños menores a 0,5 mm, estas corresponden a fracciones cuyo tamaño original no es posible de determinar.

Por lo anterior la descripción de estos minerales se encuentra limitada a la familia de fenocristales. Se encuentran dentro de este grupo todos los cristales, euhedrales, subhedrales y anhedral que poseen un tamaño superior a los 0,5 mm.

Debido a que no es posible una agrupación de los fenocristales en familias según su tamaño debido a su carácter fragmentario que impide conocer sus reales dimensiones, se ha optado por clasificarlos según sus características texturales, en particular se han dividido en plagioclasas zonadas y no zonadas. Las plagioclasas, independiente de la familia, en general se encuentran macladas, presentando macla polisintética y Carlsbad.

##### a) Plagioclasas zonadas

Dentro de este grupo se observan plagioclasas con una estructuralidad en general subhedral. Los minerales que lo componen presentan dos diferentes tipos de zonación, morfológicamente hablando, en algunos casos es marcada con anillos de límites claros, con espesores variables y en ocasiones claramente interrumpidos, mientras que en otros es más bien tenue observándose un cambio gradual de una tonalidad que evidencia zonación, en general en un área relativamente grande en comparación con la del cristal. En algunas de las plagioclasas no es posible distinguir el centro debido a que corresponden claramente a un fragmento.

Se observan algunas plagioclasas inter-crecidas con cristales de biotitas. Además es posible identificar inclusiones de minerales accesorios como circones y apatitos.

##### b) No zonadas

Las plagioclasas de este grupo poseen una estructuralidad entre anhedral y subhedral, en muchos casos se observan fracturadas y con una integridad intermedia evidenciada por “manchas” en las imágenes de *back-scattering*. Dentro de esta familia, al igual que en la de las zonadas, se observan plagioclasas intercrecidas con biotitas.

#### 4.1.2. Biotitas

Las biotitas encontradas en las muestras no clasifican como fenocristales ya que poseen tamaños menores a los 0,5 mm. Poseen forma euhedral y hábito tabular y suelen encontrarse cloritizadas. La figura 21 presenta una biotita de la muestra CPIP03, en la figura

22 se presentan biotitas intercrecidas con plagioclasa pertenecientes a las muestras CPIP03 y CPIP04.

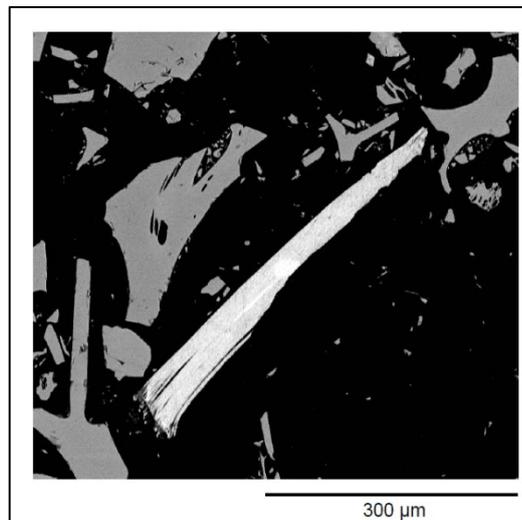


Figura 21: Imagen SEM de un cristal de biotita de la muestra CPIP03.

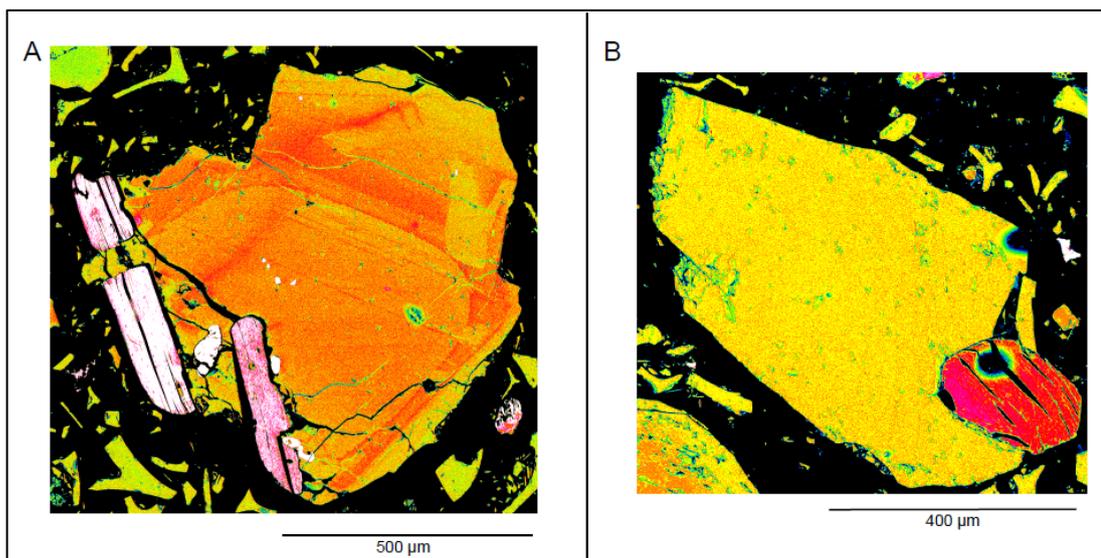


Figura 22: Imágenes obtenidas con SEM con coloración discreta. A) Plagioclasa zonada intercrecida con biotita de la muestra CPIP03. B) Plagioclasas no zonada intercrecida con biotita de la muestra CPIP04.

#### 4.1.3. Minerales opacos

Corresponden a óxidos de hierro pobres en titanio, con composiciones cercanas a las de magnetita y hematita en la serie de las titano-magnetitas y titano-hematitas respectivamente (según datos SEM); con tamaños de entre 0,1 y 0,5 mm y con formas de subhedrales a anhedrales.

#### 4.1.4. Minerales accesorios

- Circones

Estos minerales se encuentran en todas las muestras con excepción de la CPIP09. En algunas muestras con ayuda del SEM es posible identificarlos como inclusiones en plagioclasas. Debido a que la unidad de la Ignimbrita Pudahuel no se encuentra consolidada los circones utilizados para el presente estudio, tanto como para su descripción morfológica como para datación, fueron simplemente separados de las otras fases sin necesidad de utilizar los que correspondían a inclusiones. En la sección 5.2 del presente estudio se realiza una descripción con más detalle de estos minerales.

- Otros minerales accesorios

Además, mediante BSE en SEM, se identificaron cristales de flúor-apatito en algunas de las muestras, que en ocasiones, como se mencionó anteriormente, se presentaban como inclusiones de plagioclasas.

#### 4.2. Química de plagioclasas

Los datos presentados a continuación fueron obtenidos mediante SEM ( la totalidad de los datos se encuentra en el Anexo B). Los feldespatos encontrados en las muestras poseen porcentajes de anortita de entre  $An_{12-63\%}$ . Como se indicó en la sección de petrografía se encontraron plagioclasas con y sin zonación. En la tabla 2 se indica la cantidad de plagioclasas analizadas en cada muestra.

Tabla 2

Muestra	Número de plagioclasas analizadas
CPIP01	14
CPIP02	14
CPIP03	20
CPIP04	8
CPIP05	9
CPIP06	No se encuentran cristales mayores a 0,5 mm
CPIP07	8
CPIP08	14
CPIP09	28
CPIP10	8
CPIP11	8
CPIP12	8

Las figuras 23 y 24 muestran las composiciones de los feldespatos no zonados; se consideraron 2 feldespatos representativos por muestra (triángulos verdes y rojos).

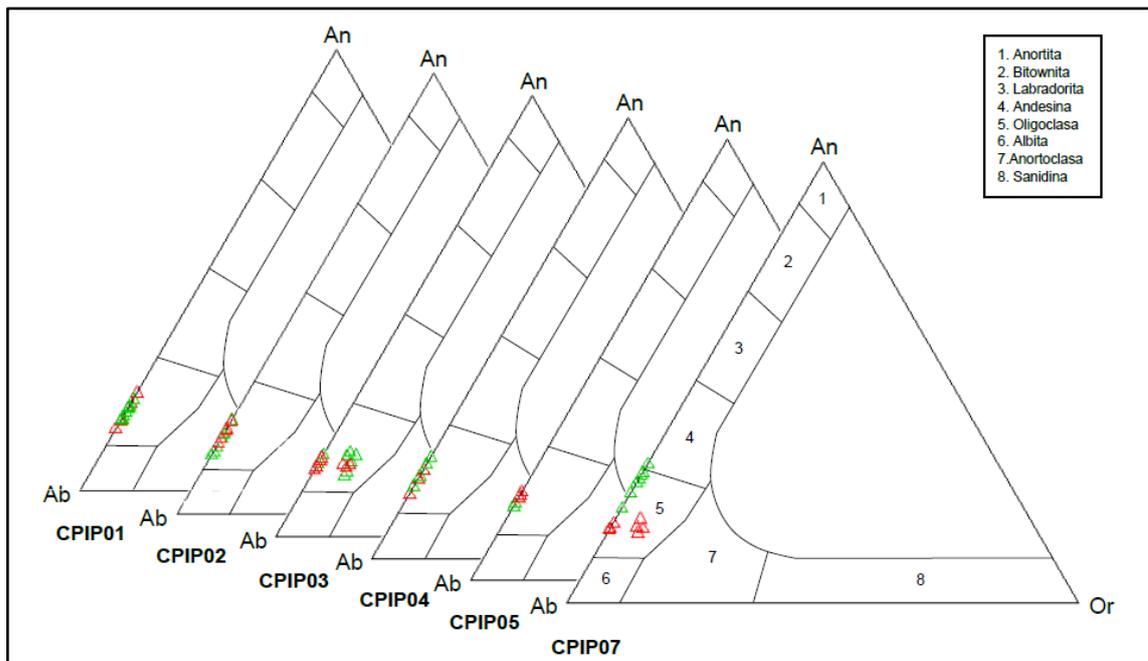


Figura 23: Composiciones de feldespatos no zonados en muestras de CPIP01 a CPIP05 y CPIP07.

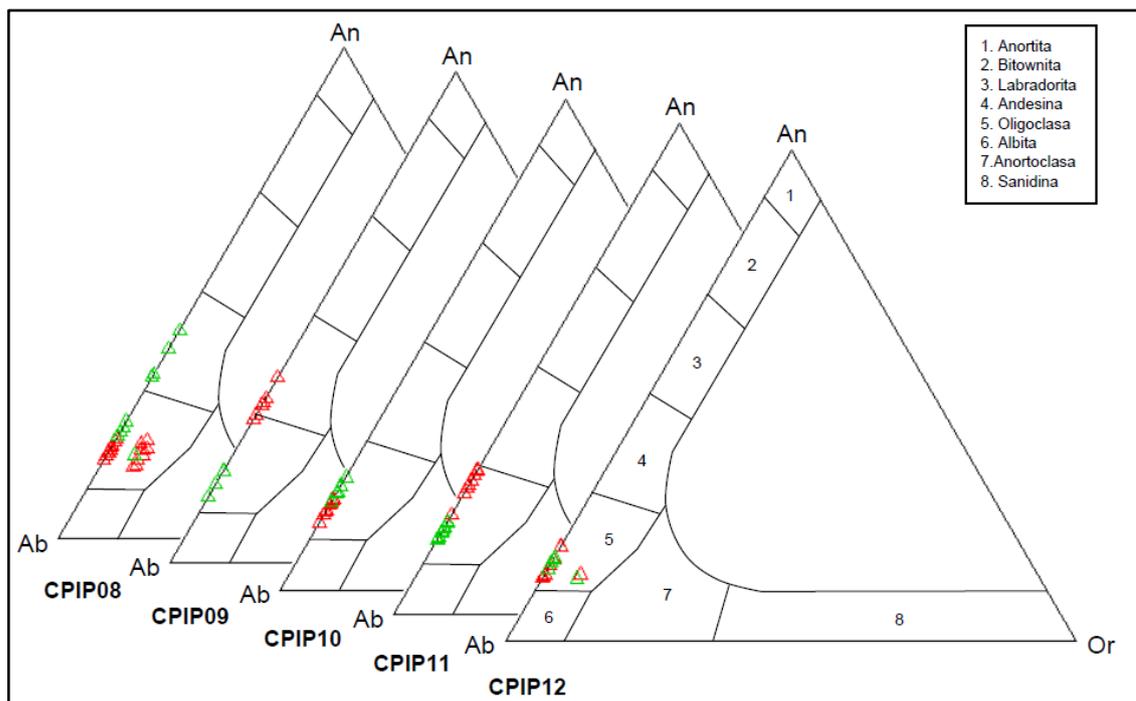


Figura 24: Composiciones de feldespatos no zonados de muestras CPIP08 a CPIP12.

Se puede observar que la mayoría de las muestras se encuentra principalmente en el campo de la oligoclasa y solo en el caso de las muestras CPIP08 y CPIP09 se encuentran andesinas.

En la figuras 25 y 26 se observan los triángulos de clasificación de las plagioclasas zonadas. Se escogieron entre 2 y 3 feldespatos representativos por muestra. En los casos en que fue posible distinguir el centro exacto de la zonación se realizaron perfiles composicionales.

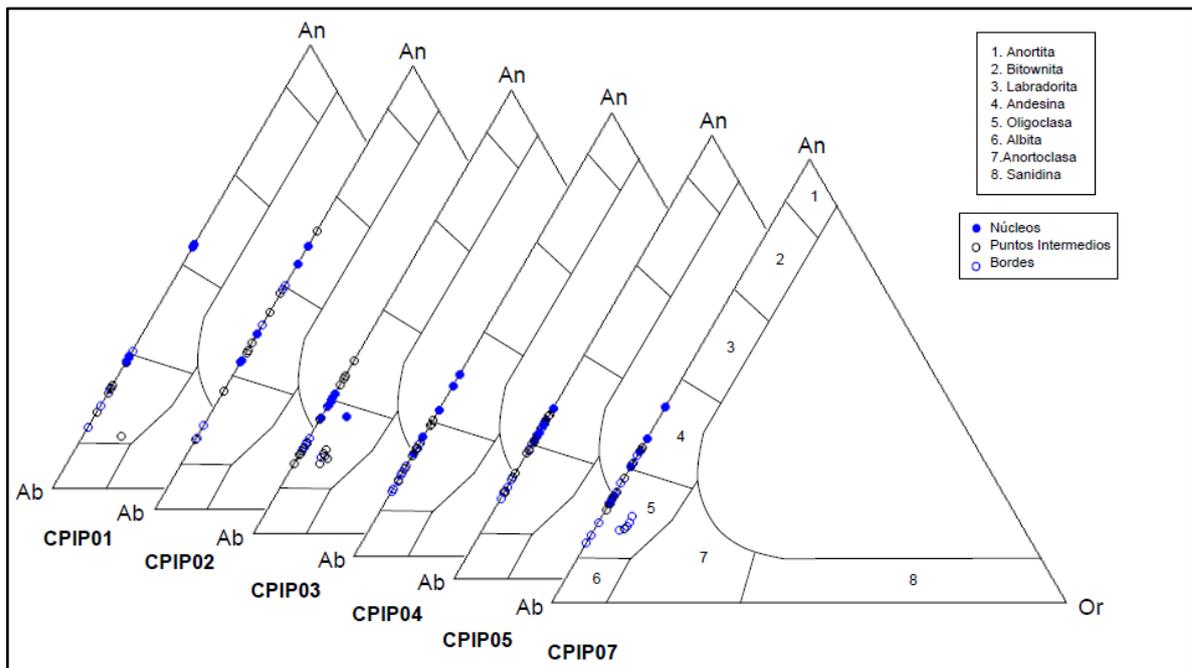


Figura 25: Composición de la plagioclasas zonadas de las muestras CPIP01 a CPIP05 y CPIP07.

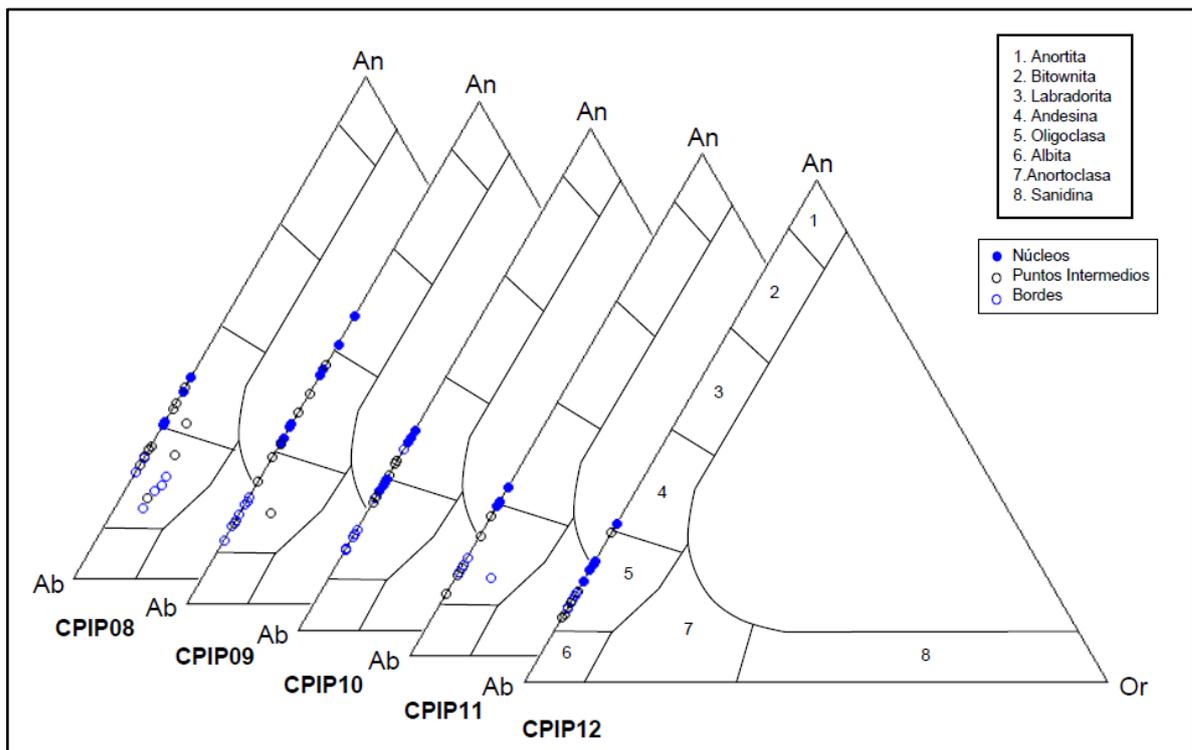


Figura 26: Composición de plagioclasas zonadas de las muestras CPIP08 a CPIP12.

La figura 27 presenta una plagiocasa zonada y el perfil composicional asociado a ella de la muestra CPIP01. Se observa que posee una zonación principalmente normal.

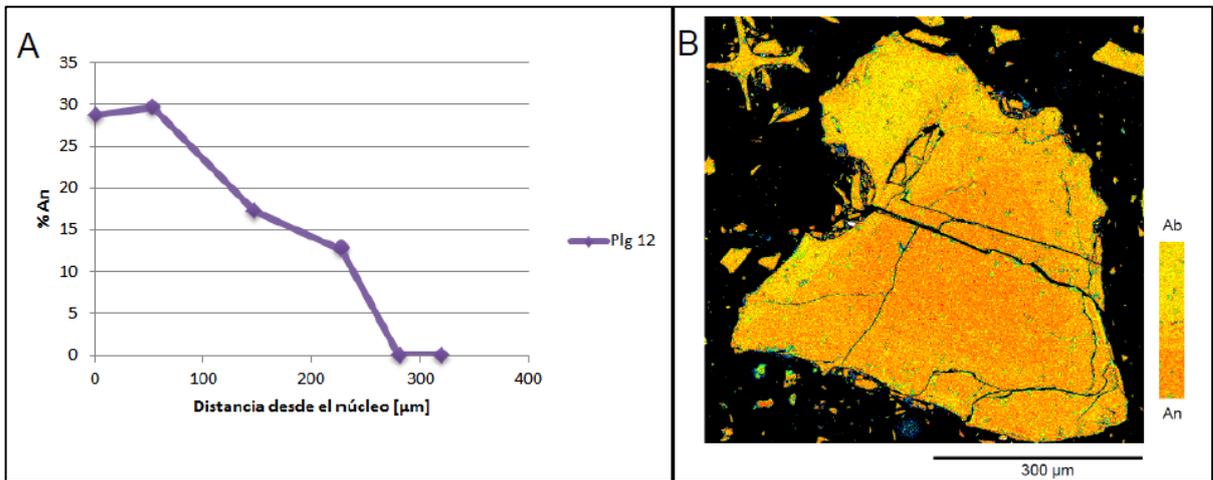


Figura 27: Plagioclasa zonada de la muestra CPIP01.

La figura 28 presenta los perfiles composicionales de dos plagioclasas levemente zonadas de la muestra CPIP02. Ambas presentan zonaciones oscilatorias.

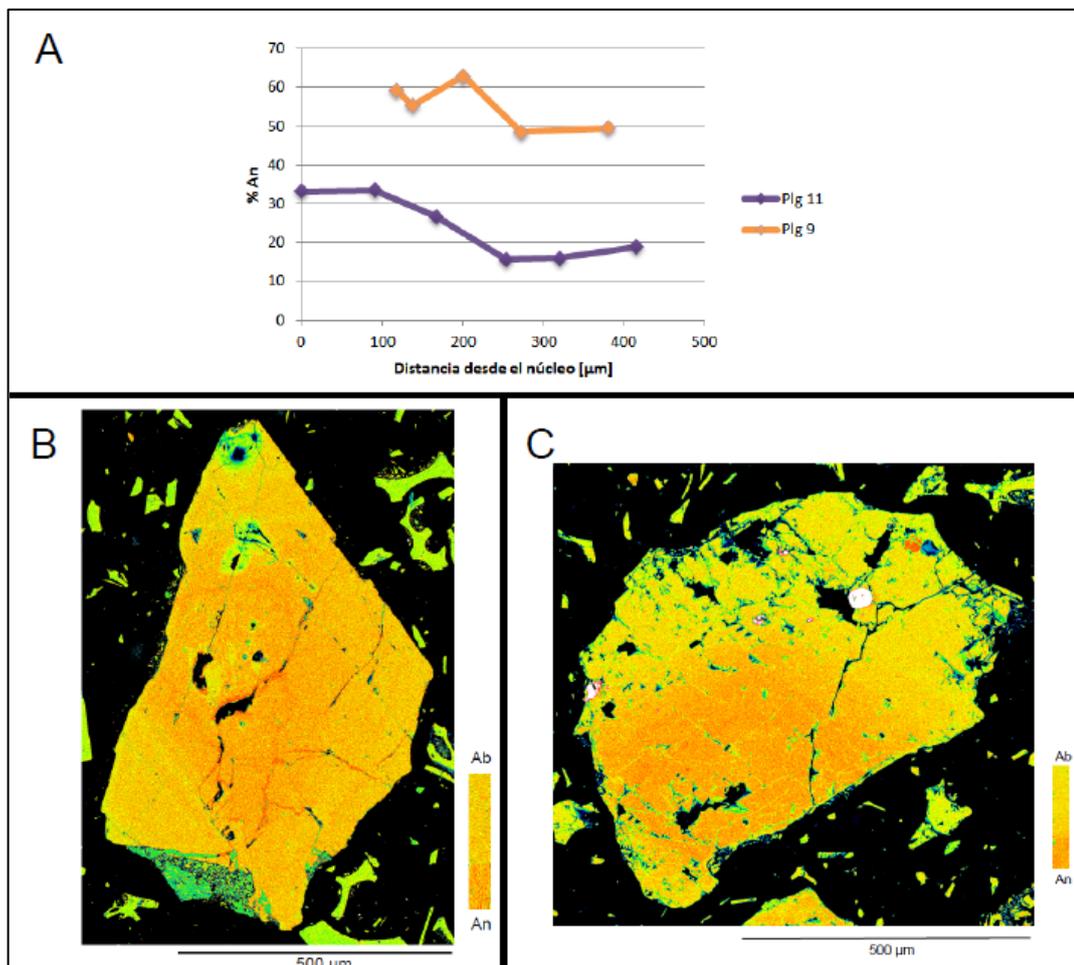


Figura 28: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP02.

La figura 29 presenta los perfiles composicionales de tres plagioclasas zonadas de la muestra CPIP03, los cuales muestran que la zonación de estos minerales es de carácter oscilatorio.

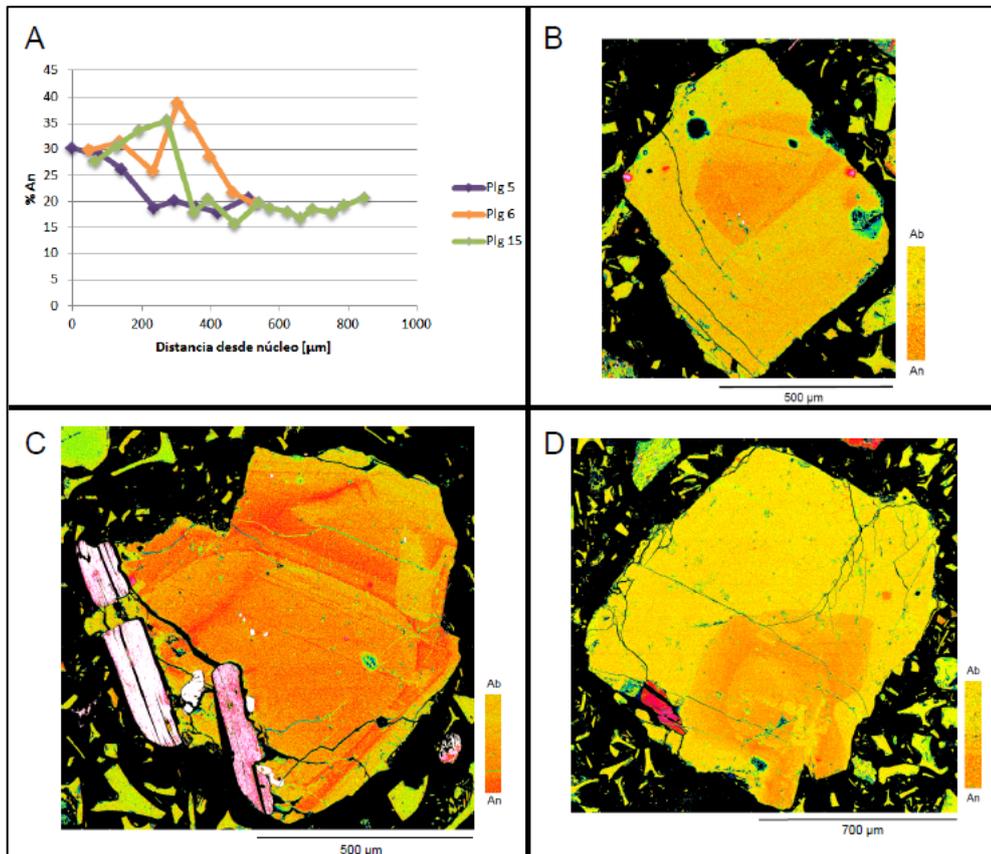


Figura 29: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP03.

La figura 30 muestra los diagramas composicionales de dos plagioclasas de la muestra CPIP04, se puede observar que la plagioclase 5 de esta muestra posee una zonación normal, mientras que la plagioclase 1 presenta una zonación oscilatoria.

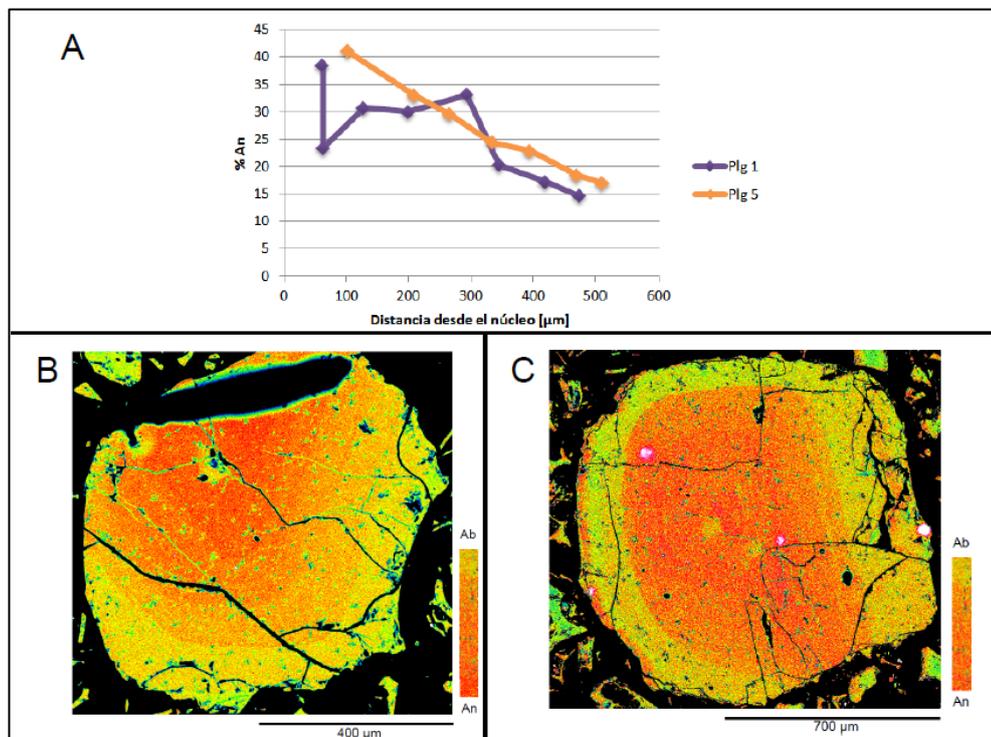


Figura 30: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP04.

La figura 31 presenta los diagramas composicionales de dos plagioclasas, una zonada y otra levemente zonada, de la muestra CPIP05, cuya zonación es en ambos casos de carácter oscilatorio

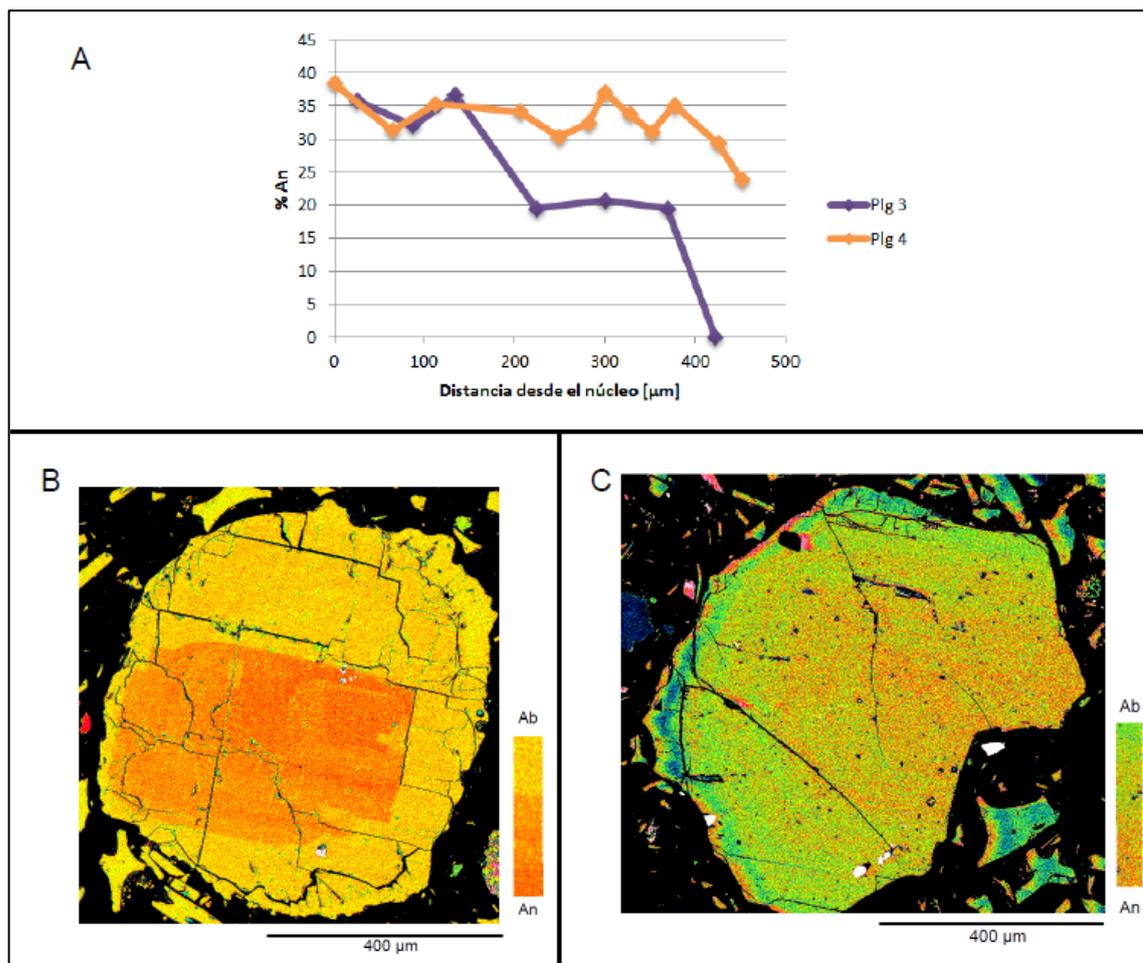


Figura 31: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP05.

La figura 32 presenta el diagrama composicional de una plagioclasa de la muestra CPIP07, en el que se observa que la zonación es de tipo oscilatoria.

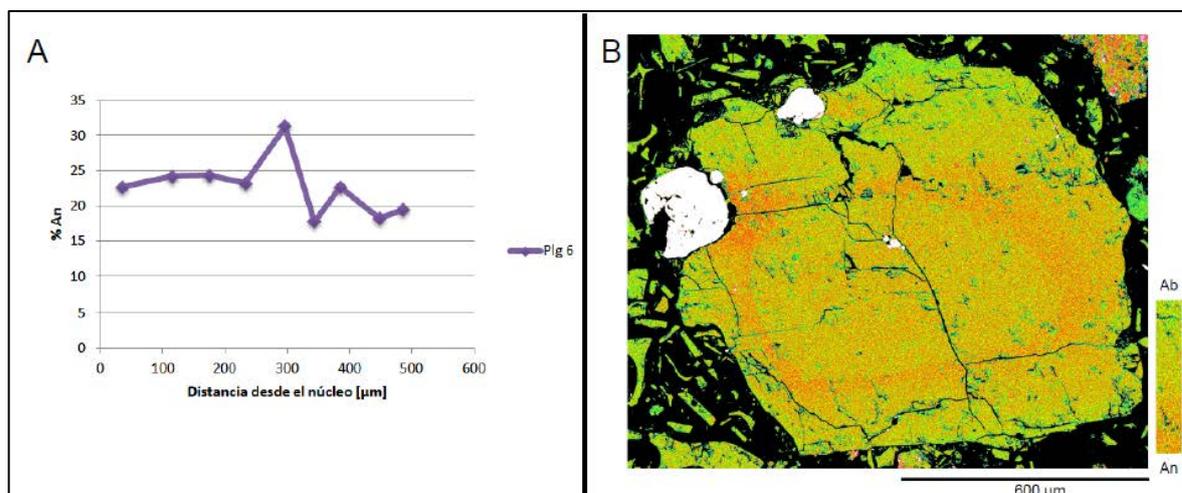


Figura 32: Plagioclasa zonada de la muestra CPIP07.

La figura 33 presenta los diagramas composicionales de dos plagioclasas levemente zonadas de la muestra CPIP08. Ambas poseen zonación de tipo oscilatoria.

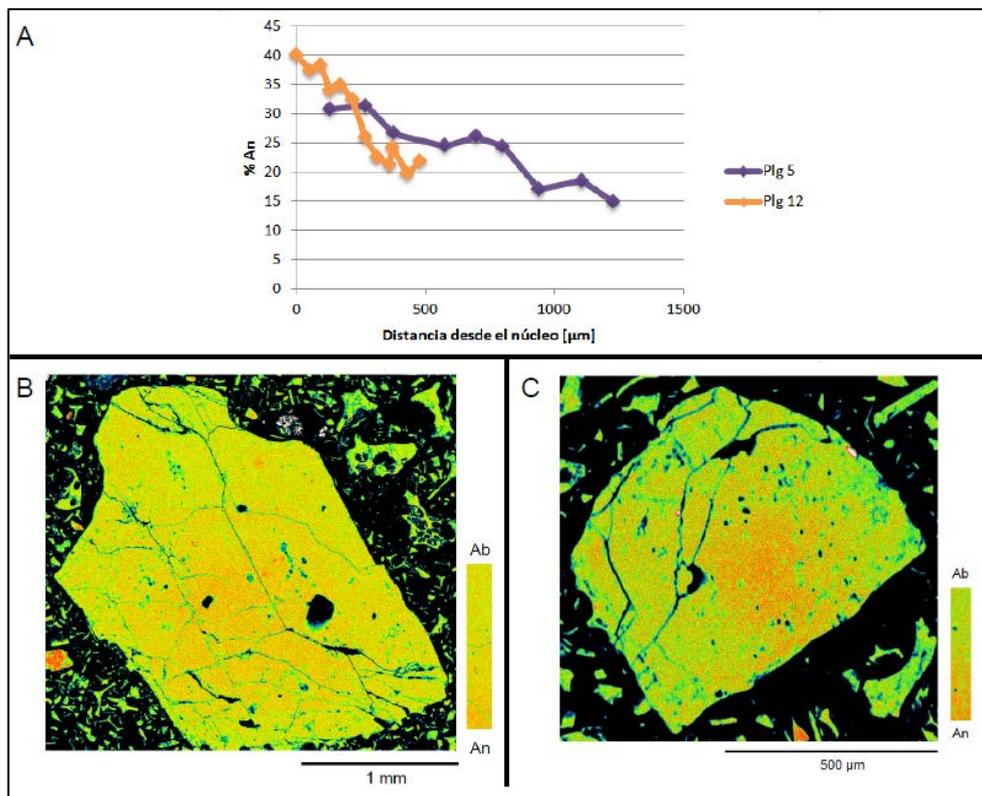


Figura 33: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP08.

La figura 34 muestra los diagramas composicionales de tres plagioclasas de la muestra CPIP09, dos levemente zonadas y una zonada, que muestran un tipo de zonación oscilatoria para todos los casos.

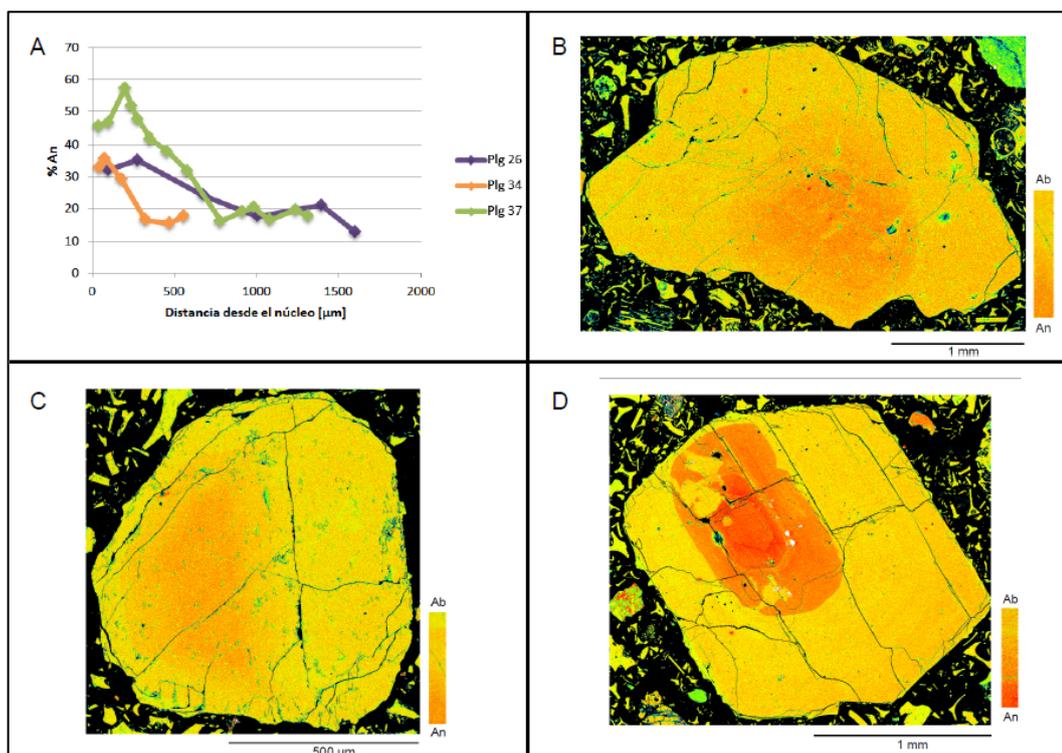


Figura 34: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP09.

La figura 35 presenta los diagramas composicionales de plagioclasas de la muestra CPIP12, las cuales poseen una zonación del tipo oscilatoria.

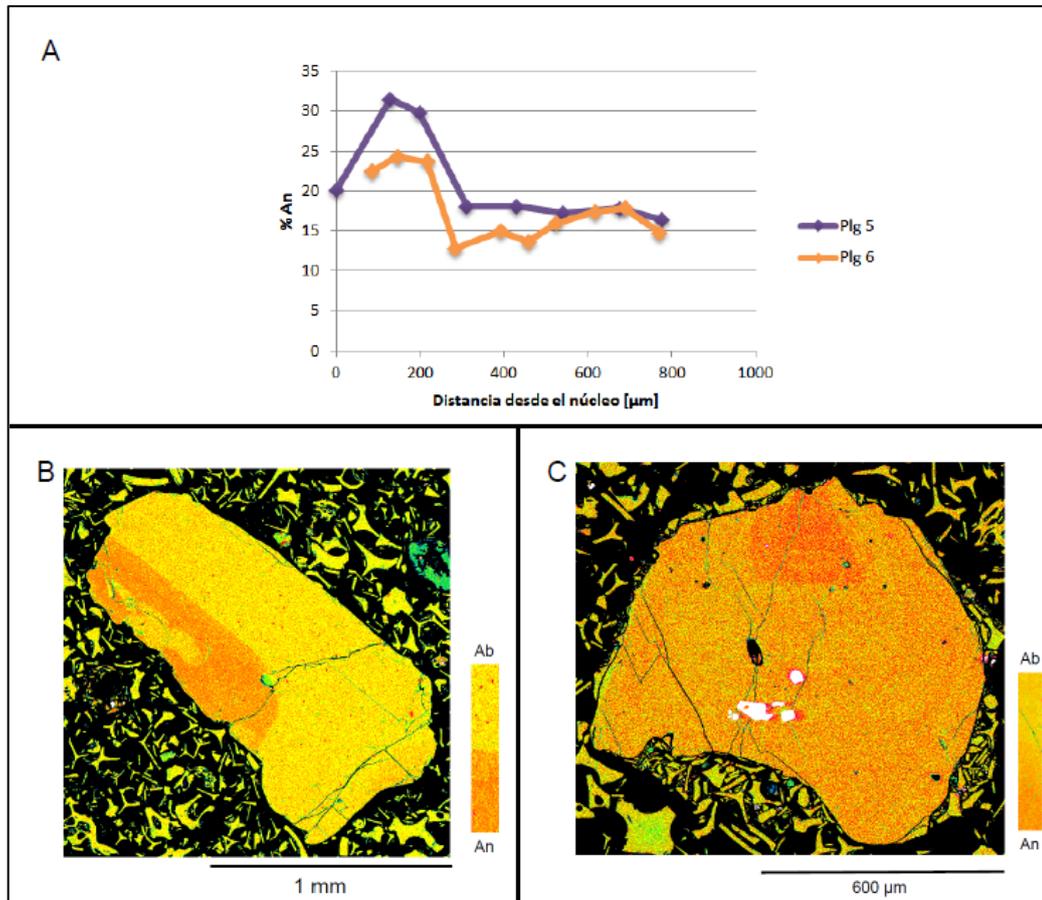


Figura 35: Plagioclasas zonadas de la muestra CPIP12.

Como se puede ver las plagioclasas pertenecientes a esta familia presentan composiciones  $\text{An}_{0-63\%}$  y en general poseen una zonación del tipo oscilatoria con disminución del contenido de calcio hacia los bordes de los cristales.

## 5. Estudio morfológico y geocronológico de circones

### 5.1. Introducción

#### 5.1.1. Estructura y química

El circón ( $\text{ZrSiO}_4$ ) es un mineral accesorio muy común en la naturaleza, tanto en rocas sedimentarias, como en ígneas y metamórficas. Posee una baja solubilidad y baja tasa de difusión de sus elementos. Debido a su alta dureza es capaz de resistir procesos de transporte y se conserva ante casi cualquier proceso cortical y por otro lado posee facilidad para incorporar una gran variedad de elementos traza; es por esto que este mineral puede contener información química e isotópica de importancia y es ampliamente utilizado para diversas investigaciones que incluyen la evolución del manto y la corteza terrestre, y dataciones.

Sus propiedades químicas, físicas y su capacidad de incorporar y retener elementos traza son en gran medida determinadas por su estructura cristalina. El circón es un nesosilicato, perteneciente al sistema tetragonal y a la clase  $4/m\ 2/m\ 2/m$  (Figura 36a), por lo que los cristales se encuentran formados por prismas y bipirámides. Su estructura posee tetraedros aislados de  $\text{SiO}_4$  que comparten esquinas con dodecaedros de  $\text{ZrO}_8$  (Figura 36b), esta es relativamente abierta, con pequeños espacios entre los poliedros de  $\text{SiO}_4$  y  $\text{ZrO}_8$  y canales abiertos paralelos al  $[001]$ . Esos espacios son potenciales sitios intersticiales que pueden incorporar impurezas. Los análisis realizados en circones muestran cantidades traza (hasta miles de ppm) o menores (hasta 3 wt%) de elementos como P, Y, Sc, Nb, Ti, Hf, U, Th y tierras raras. Estos elementos pueden ser incorporados a través de mecanismos de sustitución simple o acoplada (Finch y Hanchar, 2003; Hoskin y Schaltegger, 2003).

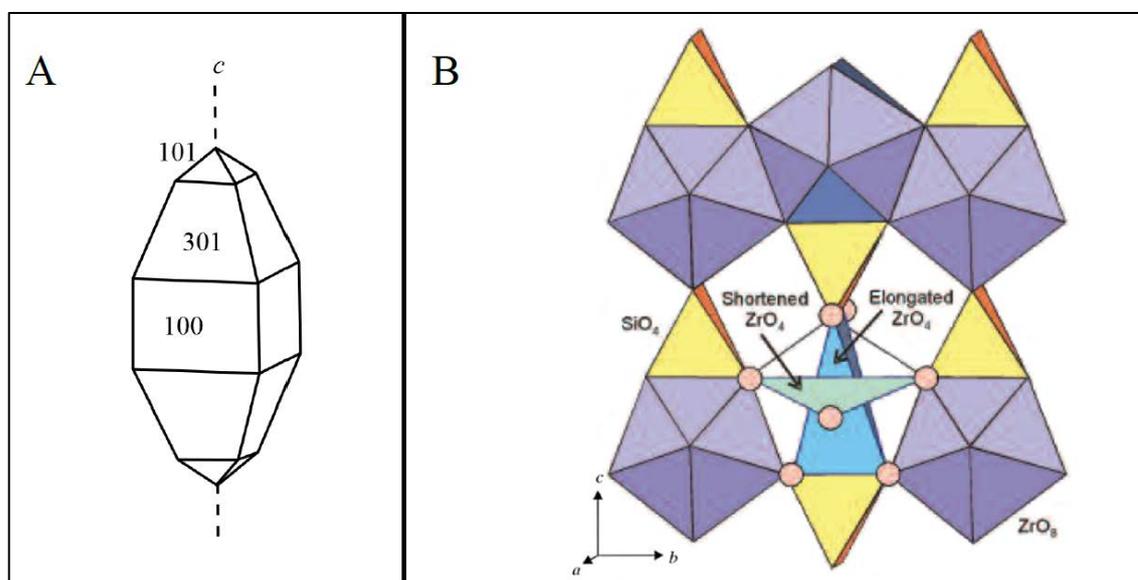


Figura 36: A) Caras cristalinas de un circón, extraído de Nesse, 2004. B) Estructura del circón. Los tetraedros de  $\text{SiO}_2$  están de color amarillo mientras que los dodecaedros  $\text{ZrO}_8$  en morado. El dodecahedro sin colorear muestra la sub-estructura que consiste en dos tetraedros de  $\text{ZrO}_4$  distorciónados; extraído de Finch y Hanchar, 2003.

Los elementos U, Th, Hf y las tierras raras incorporadas por este mineral son importantes geoquímicamente como indicadores de procesos geológicos o como isótopos útiles para determinación de edades. La importancia del circón en estudios de evolución geológica es en gran medida debido al uso de los métodos de datación basados en los isótopos de U, Th y Pb, especialmente debido a que este último elemento no suele ser incorporado en su estructura por difusión a partir del magma. Cabe destacar que la temperatura de cierre del

sistema U-Th-Pb en los circones inalterados es extremadamente alta (>900°C) (Ireland y Williams, 2003).

Estudios con técnicas micro analíticas han mostrado que un cristal de circón puede contener información acerca de múltiples eventos geológicos, los que se pueden observar en texturas de reabsorción del cristal, de alteración o de formación del mismo (patrones de zonación).

Las zonaciones en los cristales de circón son límites de paquetes geoquímicos discretos determinados por diferentes sustituciones catiónicas y formados a diferentes tiempos, cada uno de los cuales corresponde a un sistema cerrado, al no ser que la red cristalina haya sufrido daños debido a radiación (Hanchar *et al.*, 1993). Las composiciones de estos paquetes reflejan los tiempos y las condiciones de crecimiento del cristal durante un evento geológico, mientras que la morfología de la zonación es capaz de indicar la naturaleza del mismo. Las imágenes obtenidas a partir de cátodo-luminiscencia muestran zonaciones detalladas debido a la variación de concentración de elementos traza en el circón como  $Dy^{3+}$  considerado como el factor espectral principal (Mariano, 1978, 1989; Remond *et al.*, 1992) y otros como  $Sm^{3+}$ ,  $Eu^{2+}$ ,  $Tb^{3+}$ , y  $Y^{3+}$  que también podrían ser emisores de CL (Ohnenstetter *et al.*, 1992; Yang *et al.*, 1992).

### 5.1.2. Geocronología en circones

Para el uranio existen tres series de desintegración, estas involucran a los isótopos parentales  $^{238}U$ ,  $^{235}U$  y  $^{232}Th$  y terminan dando origen a los isótopos hijos  $^{206}Pb$ ,  $^{207}Pb$  y  $^{208}Pb$  respectivamente. Cada uno de estos procesos de desintegración ocurre en una serie de pasos intermedios y da a lugar a isótopos intermedios de corta vida. En particular la desintegración de  $^{238}U$  a  $^{206}Pb$  ocurre en una cadena en la que se liberan partículas alfa ( $^4He$ ) y beta (electrones producidos debido a la transformación de un neutrón en un protón) estos pasos dan a lugar a isótopos de corta vida que se desintegran en segundos, años, décadas o cientos de miles de años, de todas maneras el paso final de la serie es muchas órdenes de magnitud más lento que los pasos anteriores. La figura 37 muestra la cadena de desintegración del  $^{238}U$  a  $^{206}Pb$ .

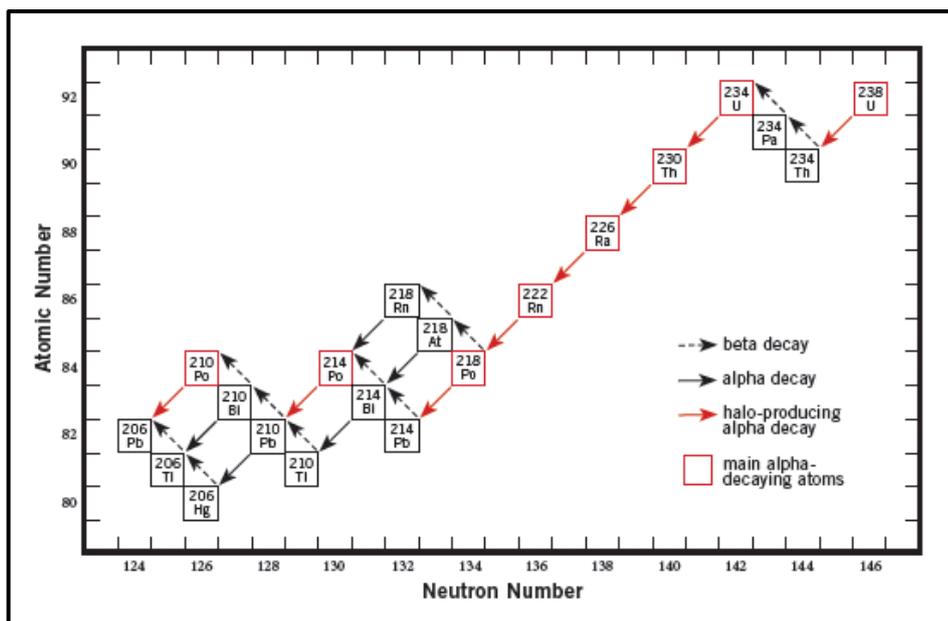
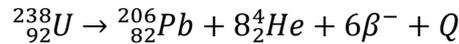


Figura 37: Cadena de desintegración de isótopos hijos de corta vida media en el decaimiento de  $^{238}U$  a  $^{206}Pb$ . Modificado de Faure y Mensing (2004).

Este proceso puede resumirse con la ecuación:



en donde  $Q=47.4$  MeV/atom (Wetherill, 1966) y representa la suma de las energías producidas por la desintegración de toda la cadena.

Por otro lado, el proceso de desintegración puede ser descrito matemáticamente por una ecuación que relaciona el número final de átomos parentales presentes en la muestra y el número final de hijos radiogénicos:

$$\frac{{}^{206}\text{Pb}^*}{{}^{238}\text{U}} = e^{\lambda_{238}t} - 1$$

En esta ecuación  $t$  es el tiempo y  $\lambda_{238}$  es la constante de desintegración ( $1.55125 \times 10^{-10}$  años<sup>-1</sup>), el asterisco en el  ${}^{206}\text{Pb}$  es para identificar el origen radiogénico de este elemento. Es necesario mencionar que el  ${}^{238}\text{U}$  tiene una vida media de 4468 millones de años.

Es importante realizar una corrección debido a la cantidad de Pb inicial presente antes de la acumulación de Pb radiogénico en el circón porque podría afectar las edades obtenidas. De todas maneras, como se mencionó anteriormente, el circón incorpora una cantidad despreciable de Pb a su estructura, por lo que la mayoría del Pb que es encontrado en este mineral es producido por la desintegración de U y Th lo que significa que las correcciones son muy pequeñas. Estas se pueden hacer analizando la cantidad de  ${}^{204}\text{Pb}$ , que es no radiogénico, presente en el cristal.

## 5.2. Morfología de circones

### 5.2.1. Observaciones en lupa petrográfica

La mayoría de los circones montados son bi-piramidales y poseen desarrollo del prisma central variable. La mayoría se ha clasificado como subhedral debido a la falta de algunas de sus caras. Se observan circones rosados e incoloros casi en igual proporción (51,4% rosados y 48,6% incoloros). El grado de opacidad de los cristales también es variable observándose poblaciones de opacos, semi-opacos y de translúcidos, sin ningún patrón distinguible. En la figura 38 se muestran los circones montados de las muestras CPIP01 y CPIP08 (imagen obtenida con lupa petrográfica), en donde se pueden ver las diferencias en los colores y grados de opacidad de algunos de los cristales estudiados. Un resumen de las observaciones de estos cristales en lupa petrográfica se encuentra en el Anexo C.

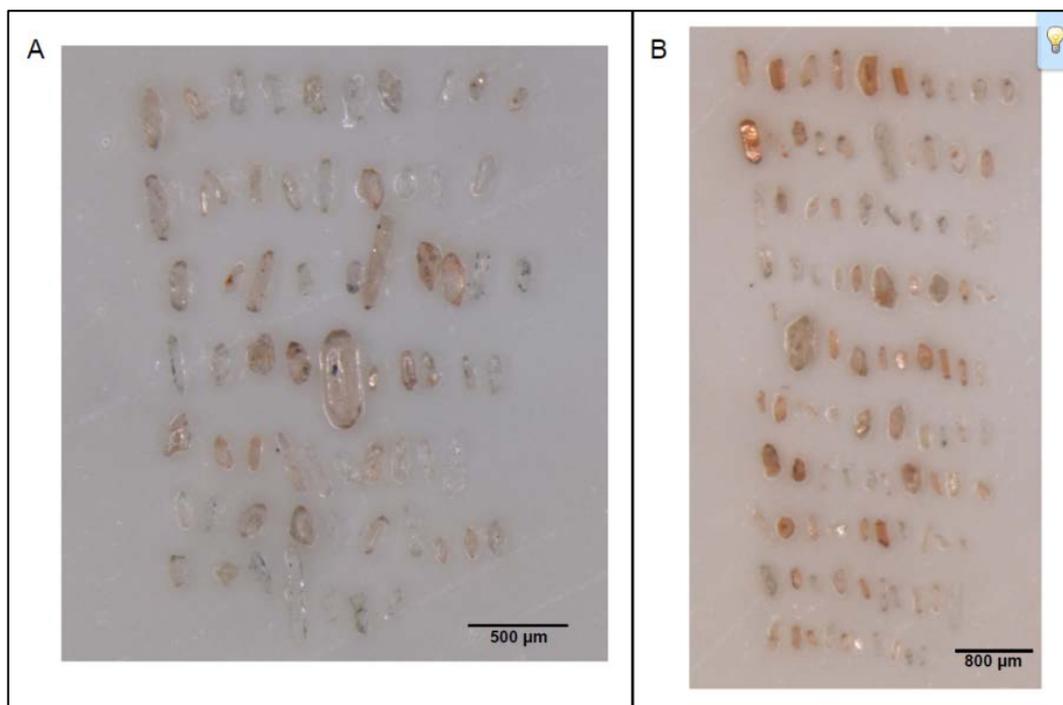


Figura 38: Circones montados sin pulir de las muestras CPIP01 (A) y CPIP08 (B). Imágenes obtenidas con lupa petrográfica.

Los circones fueron clasificados en tres poblaciones de tamaño según la relación de aspecto (razón largo/ancho) de cada cristal (medida con el *software JMicrovision*) y los resultados se presentan en la tabla 3; la tabla 4 presenta los porcentajes de circones pertenecientes a cada una de estas poblaciones encontrados en cada una de las muestras.

Tabla 3

Clasificación	A	B	C
Relación de aspecto	Entre 1 y 2	Entre 2 y 4	Mayor a 4

Tabla 4

	Número de circones por muestra	A	B	C
CPIP01	67	11,90%	67,20%	20,90%
CPIP02	60	10%	75%	15%
CPIP03	80	27,50%	63,70%	8,80%
CPIP04	61	19,70%	62%	18,30%
CPIP05	90	32,20%	53,30%	14,50%
CPIP06	63	31,80%	58,7%	9,50%
CPIP07	81	28,40%	65,40%	6,20%
CPIP08	100	21,00%	73,00%	6,00%

### 5.2.2. Observaciones con imágenes de cátodo-luminiscencia

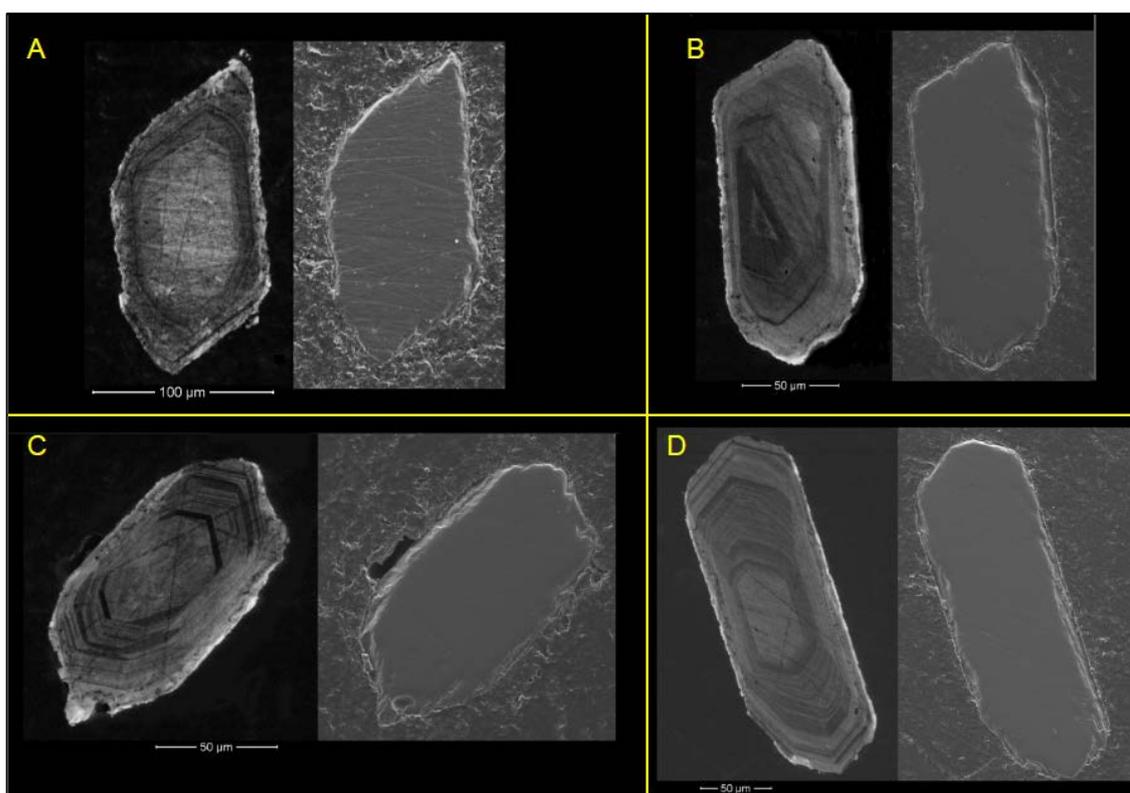
Los circones fueron estudiados en el SEM con el detector de cátodo-luminiscencia. Se observa que en general su integridad es media. Muchos de ellos se encuentran levemente fracturados y les faltan pequeños trozos, lo que en algunos casos afecta la imagen CL

obtenida. Es común que se observen bordes “corroídos”, incluso en cristales que parecieran ser más íntegros. En paralelo se obtuvieron las imágenes de los circones con Electrón Secundario (SE) lo que permite ver ciertas irregularidades de la superficie pulida del cristal y así determinar si la imagen de CL está alterada debido a la integridad del cristal o no. Según su textura interna fueron clasificados en 3 familias:

- Zonados

La gran mayoría de los circones se encuentran zonados. Los parámetros observados para cada uno de estos son la cantidad de bandas presentes en el cristal, el grosor relativo de las bandas y la existencia de posibles interrupciones de las bandas. La descripción resumida de cada circón montado se presenta en el Anexo D.

La mayoría de los circones presenta una cantidad de bandas entre intermedia y baja, considerando una cantidad baja de bandas cuando se distinguen claramente menos de 5 zonas de crecimiento, una cantidad intermedia cuando se distinguen, aproximadamente, menos de 20 zonas de crecimiento definidas, y una cantidad alta cuando se distinguen más que esas. Varios de los cristales presenta una o más bandas con discontinuidades, es decir, estas bandas se ven interrumpidas por bandas de zonación más externas; en algunos casos esta interrupción es más abrupta que en otros (Figura 39b). Los espesores relativos en general varían dentro de un mismo cristal. La figura 39 muestra cuatro circones representativos de esta familia.

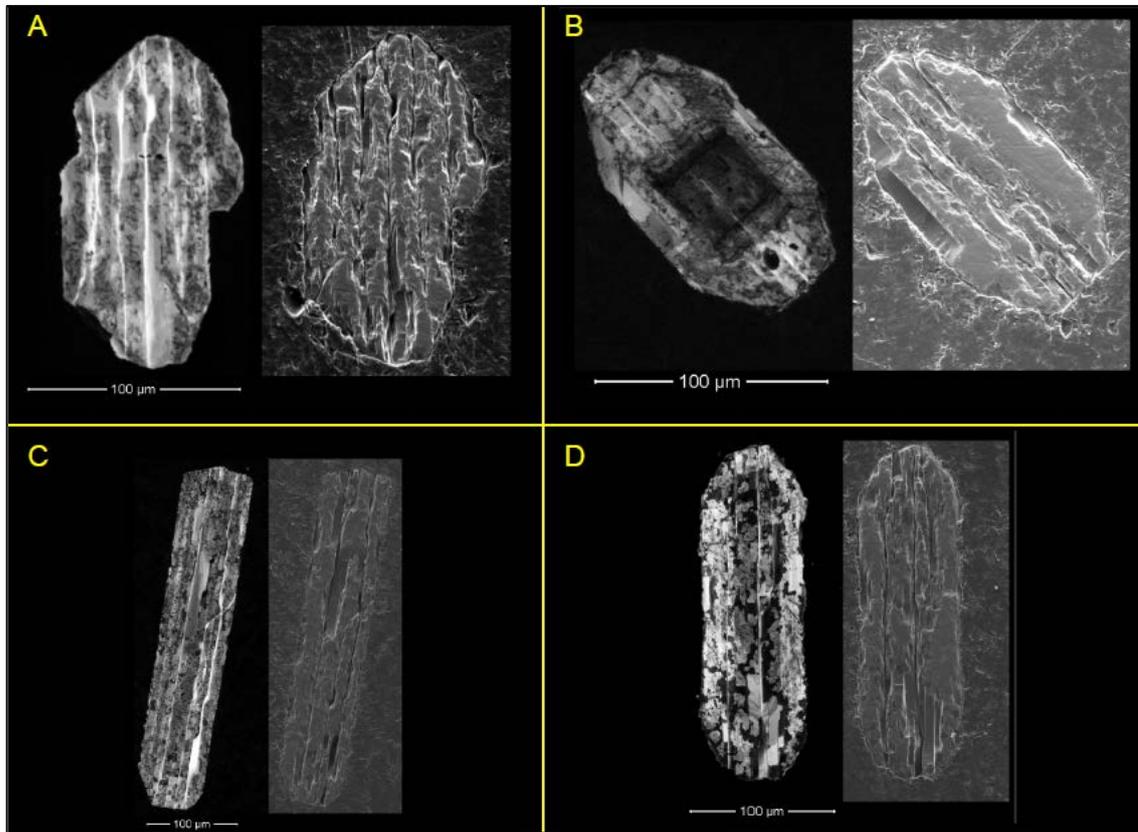


**Figura 39: Imagen CL (izquierda) y SE (derecha) de cristales representativos de la familia de circones zonados, pertenecientes a las muestras: A) CPIP07, B) CPIP10, C) CPIP11 y D) CPIP12.**

- Irregulares

Los circones que se encuentran dentro de esta familia poseen una muy baja integridad y en general una alta estructuralidad. Las imágenes de Electrón Secundario muestran que el cristal se encuentra atravesado por surcos que suelen ser paralelos al eje c, esto ocurre cuando son muchos. Lo anterior implica que la imagen en cátodo luminiscencia se vea con “machas”

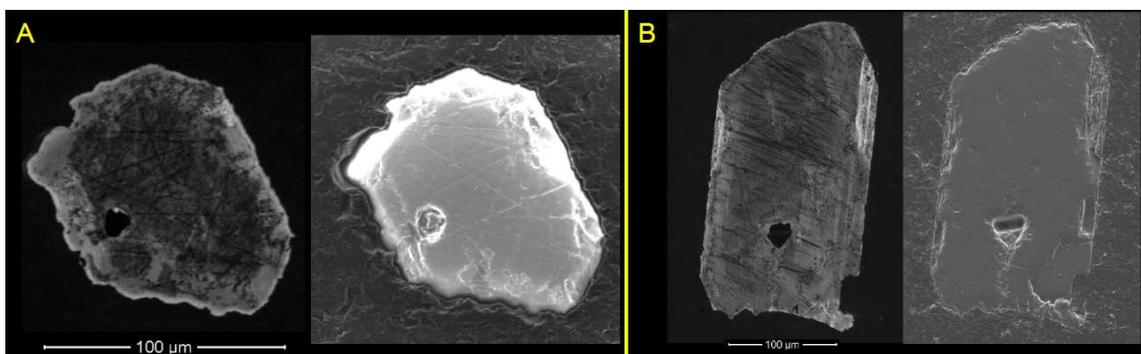
de diferentes tonalidades de gris. En esta familia se consideraron solo los circones con una integridad baja o muy baja siendo descartados los que poseían integridad intermedia ya que las irregularidades que presentaban poseían orientaciones aleatorias, o no eran tan profundos como los de esta familia. En algunos de los cristales, a pesar de la baja integridad, se puede distinguir zonación. La imagen 40 presenta algunos de los cristales pertenecientes a esta familia.



**Figura 40:** Imagen CL (izquierda) y SE (derecha) de cristales representativos de la familia de circones irregulares, pertenecientes a las muestras: A) CPIP01, B) CPIP03, C) CPIP05 y D) CPIP08.

- Homogéneos

Los circones considerados como parte de esta familia son los que aparentemente no presentan zonación, o su zonación es extremadamente leve. En general son circones anhedrales. La figura 41 muestra cristales que se clasificaron dentro de esta familia.



**Figura 41:** Imagen CL (izquierda) y SE (derecha) de cristales representativos de la familia de circones zonados, pertenecientes a las muestras: A) CPIP01 y B) CPIP12.

### 5.3. Geocronología

Se realizaron dataciones con el método de U/Pb con el equipo MC-ICP-MS (*Multiple Collector- Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry*) en circones de cada una de las muestras. Se realizaron ablaciones en el centro y borde de los cristales cuando el tamaño y la integridad de los mismos lo permitieron. La tabla 5 muestra la cantidad de circones seleccionada por muestra y la de los que fueron analizados. Los circones que no fueron analizados poseían una muy baja integridad o una alta cantidad de inclusiones.

**Tabla 5: Resumen de cantidades de datos tomados por muestra.**

Código de Muestra	Cantidad de circones seleccionados	Cantidad de circones analizados	Cantidad de circones con datos utilizados
CPIP01	67	30	22
CPIP02	60	21	13
CPIP03	80	42	SD*
CPIP04	61	22	20
CPIP05	90	33	16
CPIP06	63	24	21
CPIP07	81	29	20
CPIP08	100	69	55
CPIP09	No se encontraron circones		
CPIP10	100	43	27
CPIP11	100	30	9
CPIP12	100	52	27

\*SD: Sin datos.

#### 5.3.1. Datos obtenidos

En esta sección se presentan los datos obtenidos en el LA-ICPMS-MC del Departamento de Geología de la Universidad de Chile, reducidos mediante el *software Iolite* (un mayor detalle de datos se puede encontrar en el Anexo F). Para cada una de las muestras se presenta una figura en donde se muestran los puntos de ablación (los puntos rojos representan ablaciones con datos no utilizados y los puntos amarillos representan los datos utilizados) seguida de una tabla que presenta las edades obtenidas y su error asociado ( $2\sigma$ ), además en esta se indica si la ablación fue realizada en el centro o en el borde del circón. Las celdas coloreadas en tonos de azul indican que se trata del mismo cristal, las sin colorear corresponden a datos de un solo cristal.



Figura 42: Puntos de ablación en la muestra CPIP01.

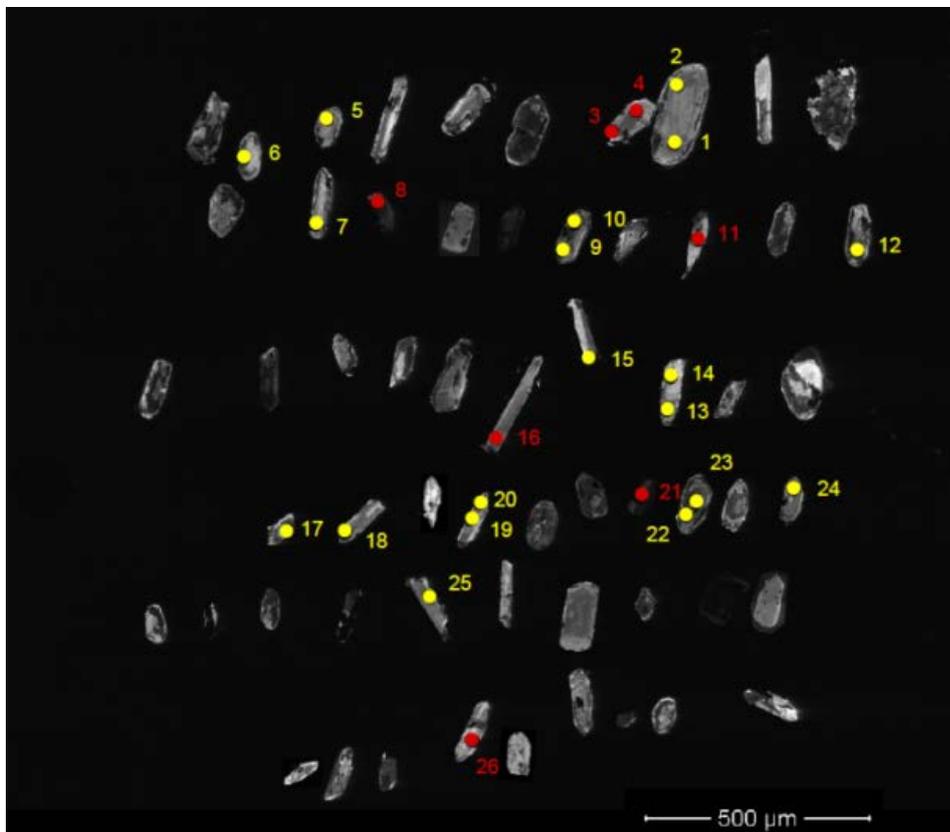


Figura 43: Puntos de ablación en la muestra CPIP02.

Tabla 6: Edades de los circones de la muestra CPIP01.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
3	0,223	0,013	Borde
6	0,1727	0,0078	Borde
7	0,112	0,017	Borde
10	5,79	0,3	Centro
11	5,329	0,19	Borde
13	3,205	0,13	Borde
14	2,914	0,12	Borde
15	10,76	0,4	Centro
16	10,196	0,36	Borde
17	11,619	0,4	Borde
18	11,23	0,39	Borde
19	10,2	0,39	Borde
20	10,17	0,36	Centro
21	10,76	0,48	Centro
23	5,57	0,21	Borde
24	5,048	0,17	Centro
26	2,152	0,095	Centro
27	1,9	0,11	Borde
28	9,87	0,34	Centro
29	9,35	0,35	Centro
31	10,27	0,42	Centro
32	10,12	0,37	Centro
33	10,44	0,4	Centro
35	5,307	0,18	Centro
36	5,361	0,19	Borde
40	5,31	0,29	Centro
41	5,002	0,17	Borde
44	0,154	0,014	Borde
49	5,83	0,23	Borde
50	1,87	0,068	Borde
51	1,506	0,052	Borde
52	0,328	0,053	Borde
53	5,62	0,23	Centro

Tabla 7: Edades de los circones de la muestra CPIP02.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
1	9,236	0,24	Borde
2	9,304	0,25	Borde
5	5,191	0,14	Borde
6	3,09	0,28	Borde
7	0,302	0,042	Borde
9	15,291	0,4	Borde
10	16,598	0,43	Borde
12	7,07	0,38	Borde
13	0,421	0,068	Borde
14	1,34	0,18	Centro
15	2,85	0,47	No se distingue
17	217,3	5,8	Borde
18	7,43	0,75	Borde
19	9,91	0,61	Borde
20	7,76	0,35	Borde
22	209,8	6,7	Borde
23	235,6	6,4	Centro
24	0,244	0,046	Borde

Tabla 8: Edades de los circones de la muestra CPIP03.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error (2sigma)	Zona la ablación*
2	10,12	0,41	
3	8,11	0,6	
6	10,48	0,4	
10	11,06	0,39	
12	9,4	0,61	
18	9,62	0,59	
19	9,27	0,4	
21	12,229	0,42	
8	5,64	0,22	
9	4,584	0,16	
14	5,025	0,2	
24	5,066	0,18	
25	4,75	0,21	
16	56,44	2	
1	225	7,5	
13	212,2	7,3	
22	949	32	
5	0,232	0,013	
4	2,27	0,23	
7	2,08	0,14	
11	1,426	0,06	
20	2,833	0,11	
23	1,98	0,077	

\* No se cuenta con esta información.

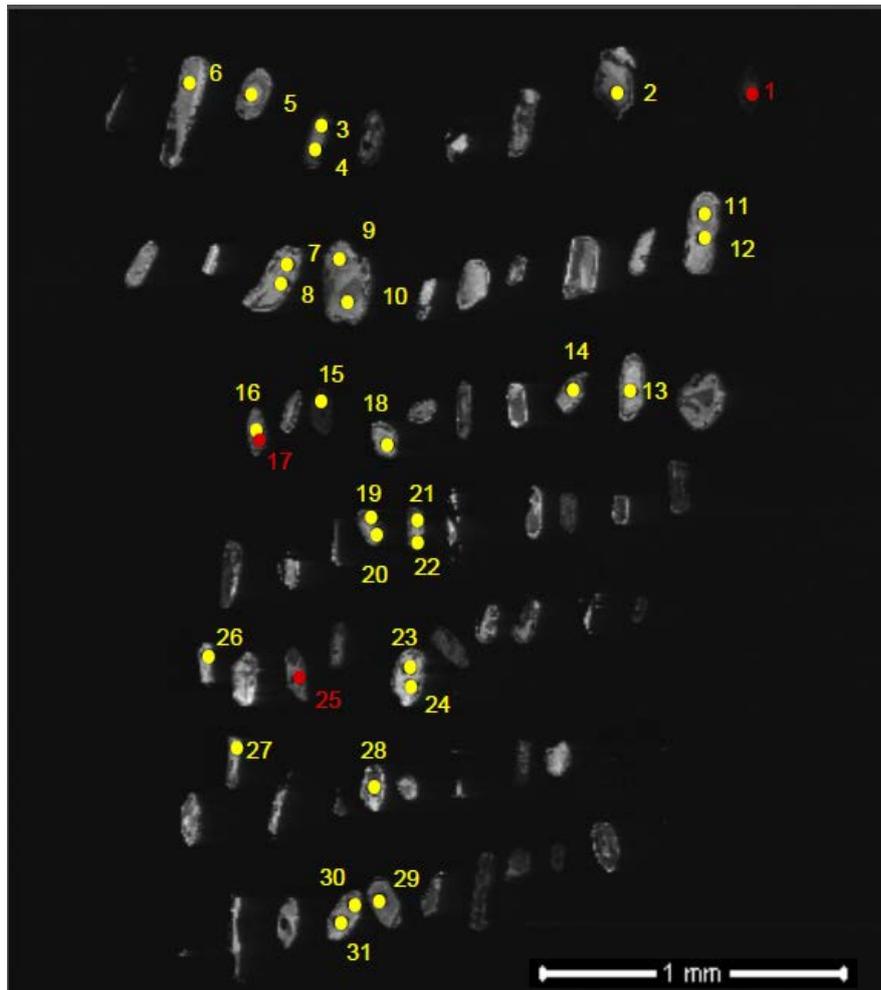


Figura 44: Puntos de ablación de la muestra CPIP04.

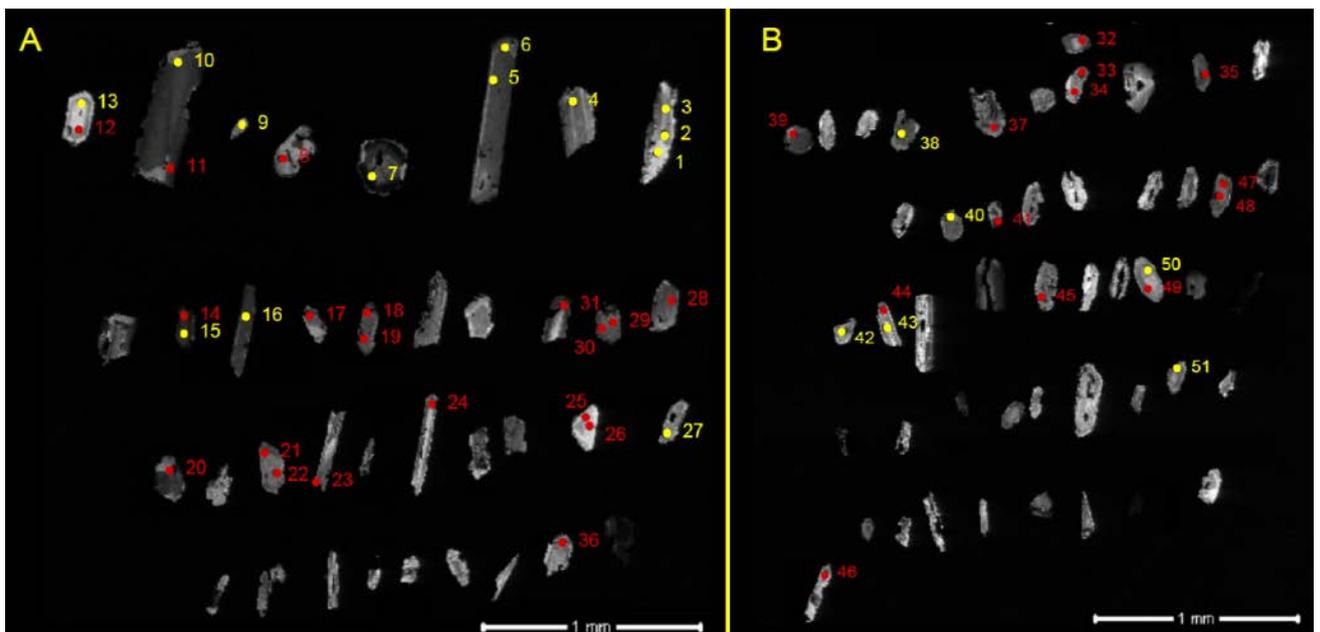


Figura 45: Puntos de ablación de la muestra CPIP05. La figura A corresponde a los primeros 40 circones y la B a los últimos 50.

Tabla 9: Edades de los circones de la muestra CPIP04.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
2	13,5	1,1	No se distingue
3	287,4	7,7	Centro
4	270,3	7,5	Centro
5	5,33	0,23	Centro
6	0,33	0,041	No se distingue
7	9,89	0,28	Borde
8	9,45	0,3	Borde
9	18,41	0,54	Borde
10	17,73	0,47	Borde
11	9,63	0,27	Borde
12	9,947	0,27	Centro
13	10,29	0,36	Centro
14	9,41	0,28	Centro
15	275,1	7,1	Centro
16	199,5	5,1	Centro
18	5,13	0,21	Centro
19	5,07	0,17	Borde
20	5,065	0,15	Borde
21	1,473	0,072	Centro
22	1,16	0,045	Centro
23	4,795	0,15	Borde
24	5,31	0,21	Centro
26	0,827	0,059	Centro
27	2,73	0,089	Borde
28	0,84	0,041	No se distingue
29	5,33	0,17	Centro
30	9,383	0,26	Borde
31	10,08	0,35	Centro

Tabla 10: Edades de los circones de la muestra CPIP05.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
1	11.904	0.37	Centro
2	12.46	0.37	Borde
3	11.129	0.3	Centro
4	10.409	0.32	Centro
5	11.65	0.36	Borde
6	10.607	0.29	Borde
7	11.64	0.33	Borde
9	12.472	0.34	No se distingue
10	12.265	0.34	Borde
13	10.399	0.29	Borde
15	12.884	0.34	No se distingue
16	9.329	0.28	Centro
27	12.966	0.34	Centro
38	10.156	0.27	Borde
40	12.328	0.34	Borde
42	9.742	0.28	Borde
43	9.15	0.31	Borde
50	10.25	0.32	Borde
51	6.67	0.31	Borde

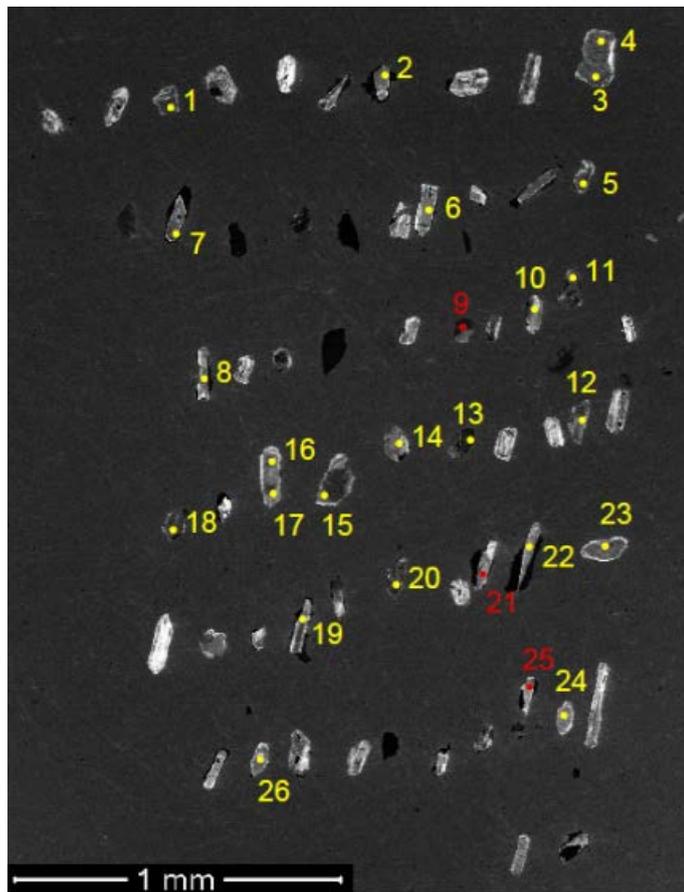


Figura 46: Puntos de ablación de la muestra CPIP06.

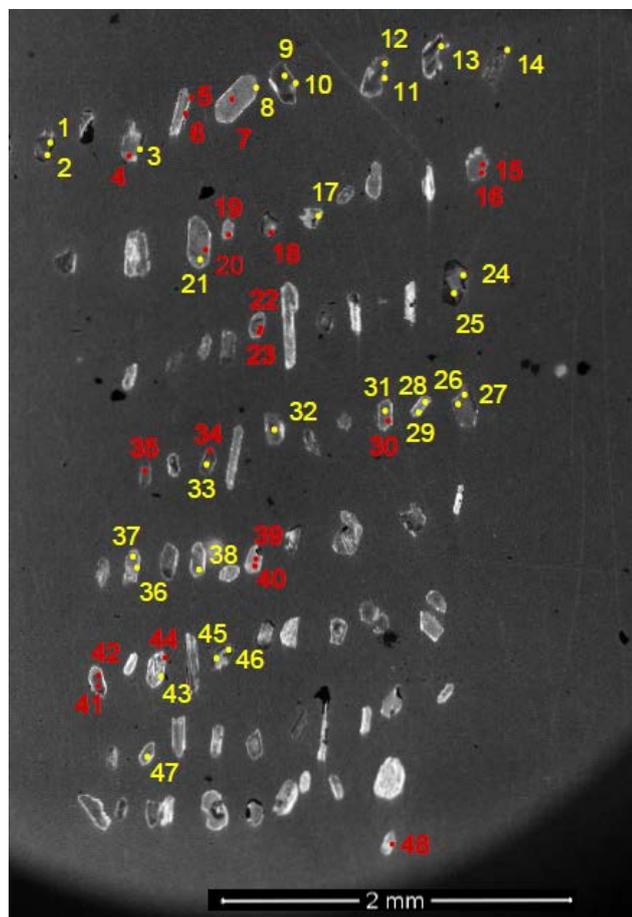


Figura 47: Puntos de ablación de la muestra CPIP07.

Tabla 11: Edades de los circones de la muestra CPIP06.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
1	11,37	0,47	No se distingue
2	260,3	4,8	Borde
3	8,829	0,19	Borde
4	8,685	0,19	Borde
5	11,46	0,39	Borde
6	0,129	0,026	Borde
7	0,147	0,014	Borde
8	8,07	0,31	Borde
9	4,71	0,32	Centro
10	11,411	0,22	No se distingue
11	38,13	0,83	Borde
12	273,3	5,4	Borde
13	15,808	0,3	No se distingue
14	12,01	0,26	No se distingue
15	6,66	0,23	Borde
16	5,217	0,11	Borde
17	10,525	0,2	Borde
18	11,6	0,24	Centro
19	11,59	0,28	Borde
20	0,58	0,11	Centro
21	5,98	0,26	Centro
22	5,34	0,13	Centro
23	2,99	0,12	Centro

Tabla 12: Edades de los circones de la muestra CPIP07.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
1	15,672	0,44	Centro
2	15,658	0,44	Borde
3	12,299	0,35	Centro
8	10,762	0,31	Borde
9	9,457	0,27	No se distingue
10	12,158	0,34	No se distingue
11	11,977	0,34	Borde
12	41,38	1,2	Borde
13	38,92	1,1	No se distingue
14	17,3	0,49	Centro
17	17,717	0,5	No se distingue
21	5,237	0,16	Borde
24	14,932	0,42	No se distingue
25	16	0,46	No se distingue
26	13,141	0,37	Centro
27	12,768	0,36	Borde
28	9,275	0,27	Centro
29	9,64	0,29	Centro
31	5,83	0,25	Centro
32	10,612	0,3	Centro
33	32,86	0,94	Borde
36	7,612	0,22	Borde
37	7,625	0,22	Borde
38	6,049	0,18	Borde
43	10,965	0,32	Borde
45	7,673	0,22	No se sabe
46	7,137	0,22	No se sabe
47	9,406	0,27	Centro

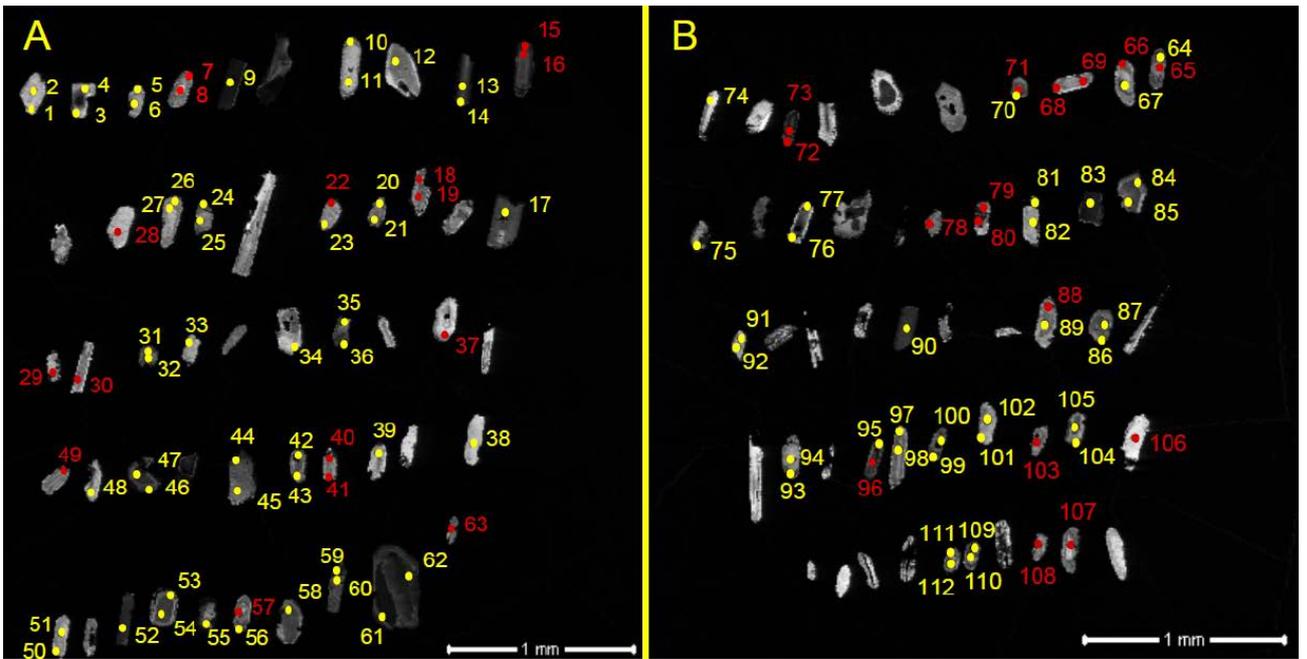


Figura 48: Puntos de ablación de la muestra CPIP08. La figura A corresponde a los primeros 50 circones y la B a los últimos 50.

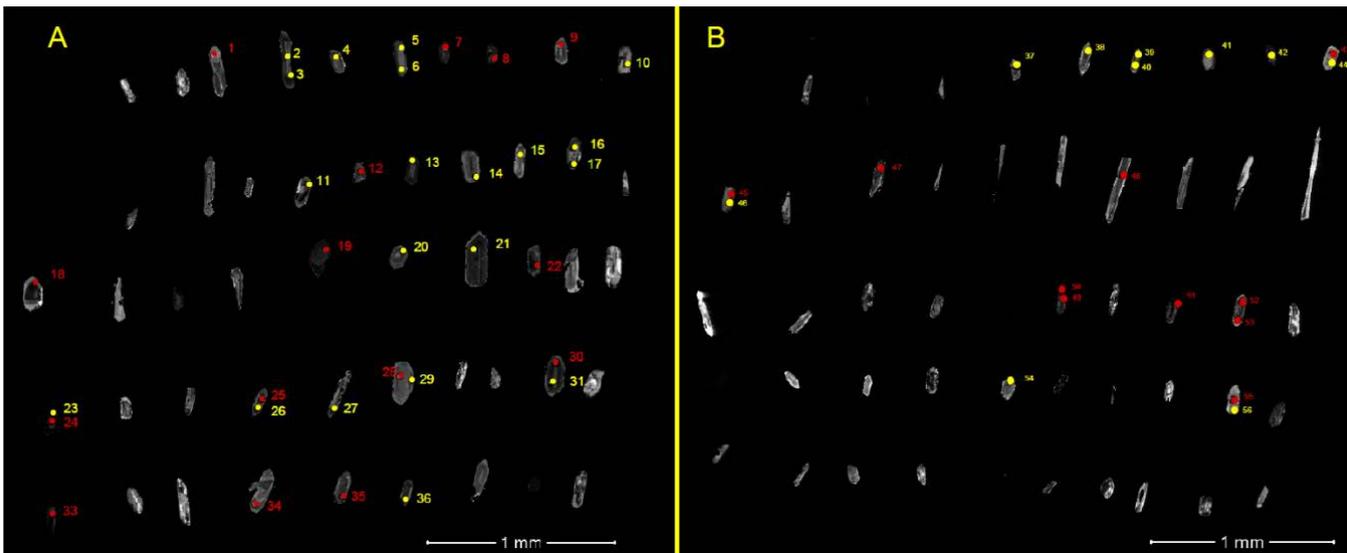


Figura 49: Puntos de ablación de la muestra CPIP10. La figura A corresponde a los primeros 50 circones y la B a los últimos 50.

Tabla 13: Edades de los circones de la muestra CPIP08.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
1	9,12	0,14	Borde
2	9,23	0,18	Centro
3	15,93	0,21	Borde
4	16,46	0,18	Borde
5	4,935	0,078	Borde
6	5,033	0,091	Borde
9	12,595	0,13	Centro
10	9,285	0,12	Borde
11	10,25	0,16	Centro
12	11,66	0,23	Centro
13	11,267	0,13	Borde
14	12,636	0,14	Centro
17	12,693	0,13	Centro
20	0,3597	0,0086	Borde
21	0,53	0,061	Borde
23	6,54	0,2	Borde
24	4,998	0,08	Borde
25	5,547	0,11	Centro
26	8,62	0,13	Borde
27	8,62	0,14	Centro
31	157,55	1,6	Centro
32	155	2,1	Borde
33	0,389	0,011	Borde
34	247,7	2,7	Borde
35	2,608	0,027	Borde
36	3,87	0,13	Centro
38	4,833	0,079	No se distingue
39	0,412	0,07	Borde
42	11,169	0,13	Borde
43	10,73	0,15	Borde
44	13,39	0,2	Centro
45	12,204	0,13	Borde
46	162,13	1,7	Borde
47	162,39	1,8	Centro
48	8,796	0,1	Centro
50	9,392	0,099	Borde
51	9,793	0,13	Centro
52	11,959	0,13	Centro
53	10,659	0,13	Centro
54	10,297	0,12	Borde
55	11,24	0,21	Centro
56	5,915	0,077	Borde
58	17,67	0,27	Centro
59	6,708	0,077	Borde
60	7,295	0,097	Centro
61	96,2	0,92	Centro
62	94,48	1,1	Borde

63	9,152	0,12	Borde
64	6,334	0,076	Borde
65	6,65	0,17	Centro
66	6,105	0,066	Borde
68	4,81	0,15	Borde
71	2,962	0,041	Centro
75	10,79	0,15	Centro
76	1,658	0,022	Borde
77	1,92	0,052	Centro
78	145,29	1,5	Borde
82	9,95	0,13	Centro
83	63,45	0,74	Centro
84	12,719	0,15	Borde
85	12,72	0,19	Centro
86	10,737	0,13	Borde
87	10,9	0,14	Centro
88	10,21	0,17	Borde
90	12,451	0,12	Centro
91	8,179	0,11	Centro
92	7,84	0,15	Borde
93	4,938	0,074	Borde
94	5,255	0,075	Centro
95	146,48	1,5	Borde
97	0,606	0,056	Borde
98	0,954	0,079	Borde
99	7,283	0,08	Centro
100	6,78	0,13	Borde
101	0,3175	0,0095	Borde
102	0,404	0,023	Centro
104	12,107	0,13	Borde
105	12,174	0,13	Centro
109	5,542	0,11	Centro
110	5,278	0,089	Borde
111	2,582	0,044	Borde
112	2,612	0,034	Centro

Tabla 14: Edades de los circones de la muestra CPIP10.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
2	5,246	0,086	Centro
3	5,277	0,099	Centro
4	2,884	0,059	Centro
5	5,806	0,098	Borde
6	5,657	0,095	Borde
10	5,91	0,12	Borde
11	5,26	0,21	Borde
13	2,909	0,07	Borde
14	3,135	0,066	Borde
15	10,1	0,16	Borde
16	5,457	0,094	Borde
17	5,396	0,088	Borde
20	2,276	0,068	Borde
21	5,243	0,1	Borde
23	5,53	0,079	Borde
26	10,19	0,16	Borde
27	10,285	0,15	Centro
29	5,023	0,11	Borde
31	6,12	0,16	Borde
32	5,514	0,085	Borde
36	2,84	0,043	Borde
37	4,85	0,16	Borde
38	10,33	0,13	Borde
39	5,392	0,11	Centro
40	5,193	0,082	Centro
41	5,48	0,13	Borde
42	3,27	0,068	Centro
44	4,842	0,065	Borde
46	5,316	0,084	Borde
54	4,71	0,12	Centro
56	4,576	0,076	Borde

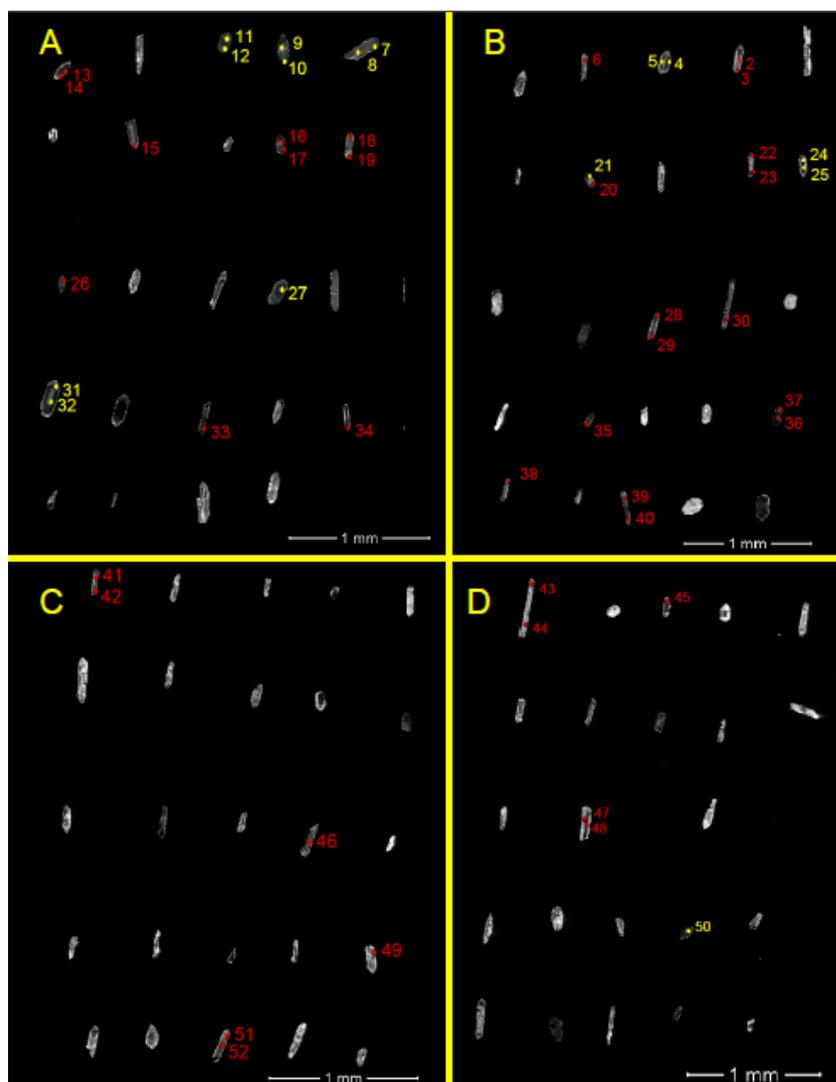


Figura 50: Puntos de ablación de la muestra CPIP11. Las figuras A, B, C y D corresponden a los primeros, segundos, terceros y últimos 25 circones de la muestra respectivamente.

Tabla 15: Edades de los circones de la muestra CPIP11.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
4	4,278	0,074	Centro
5	4,462	0,09	Centro
7	4,763	0,078	No se distingue
8	4,726	0,092	No se distingue
9	5,247	0,093	Centro
10	4,906	0,084	Borde
11	5,208	0,1	Borde
12	5,193	0,094	Borde
21	4,734	0,09	Centro
24	12,19	0,21	Centro
25	11,891	0,19	Centro
27	9,01	0,17	Borde
31	212,2	4,4	Centro
32	187,8	3,3	Borde
50	5,3	0,17	Borde

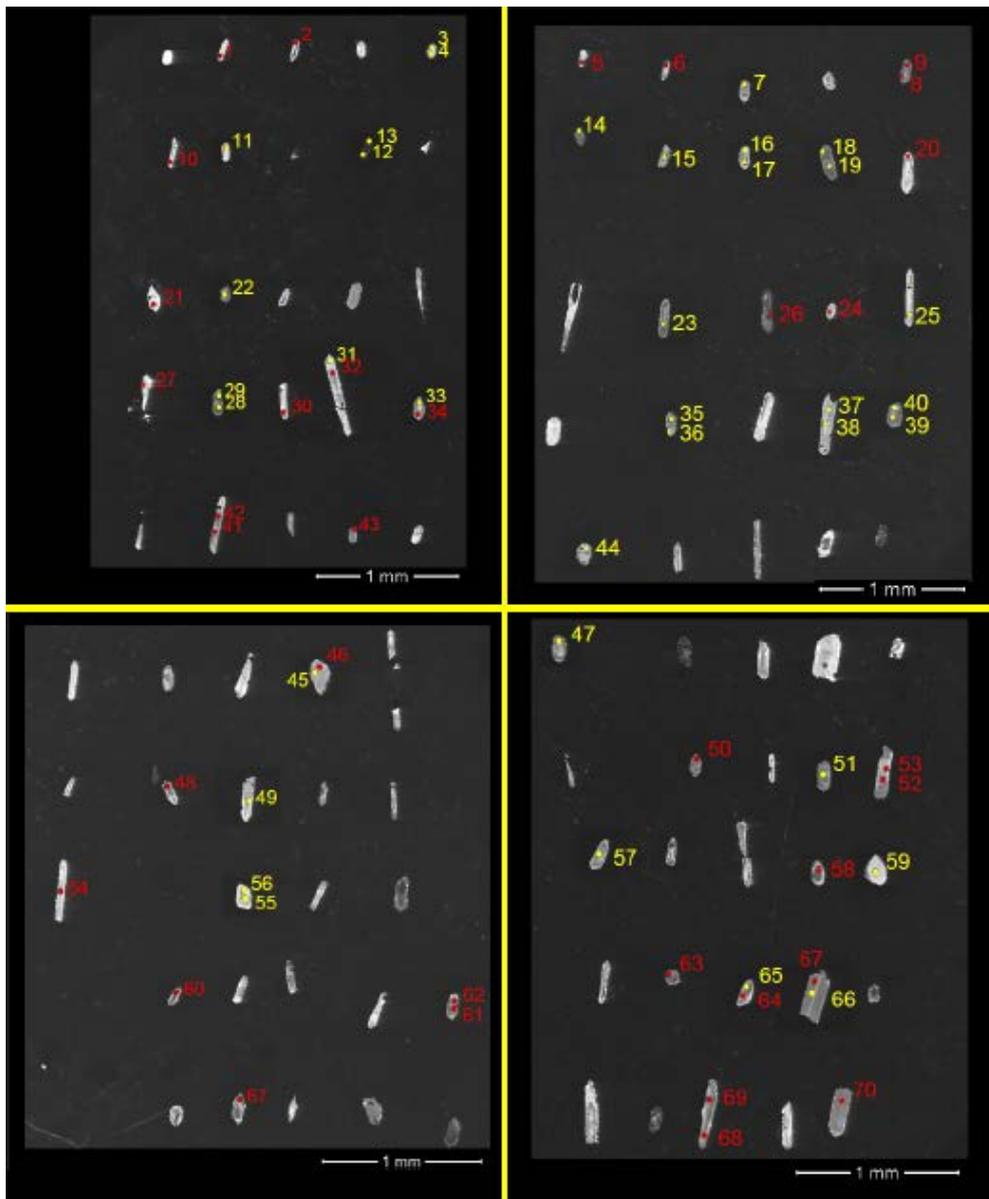


Figura 51: Puntos de ablación en la muestra CPIP12. Las figuras A, B, C y D corresponden a los primeros, segundos, terceros y últimos 25 circones de la muestra respectivamente.

Tabla 16: Edades de los circones de la muestra CPIP12.

Número del análisis	Edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	Error ( $2\sigma$ )	Zona de ablación
3	2,688	0,083	Borde
4	2,604	0,077	Borde
7	5,043	0,11	Borde
11	4,717	0,13	Borde
12	229,2	4,6	Borde
13	235	4,8	Borde
14	281,99	5,3	Borde
15	74,61	1,5	No se distingue
16	4,895	0,13	Borde
17	5,21	0,15	Borde
18	5,088	0,11	Borde
19	5,792	0,15	Centro
22	5,86	0,2	Centro
23	5,557	0,12	Borde
25	0,111	0,015	No se distingue
28	5,192	0,11	Borde
29	5,04	0,11	Borde
31	0,159	0,026	Borde
33	5,206	0,12	Borde
35	9,53	0,23	Borde
36	9,75	0,26	Borde
37	0,115	0,014	No se distingue
38	0,162	0,028	No se distingue
39	5,04	0,25	Centro
40	4,98	0,25	Centro
44	2,689	0,11	Borde
45	0,268	0,017	Centro
47	4,967	0,1	Borde
49	0,108	0,011	No se distingue
51	5,456	0,14	Borde
55	4,8	0,19	Centro
56	2,02	0,14	Borde
57	5,174	0,11	Borde
59	4,849	0,13	Centro
65	0,166	0,024	Borde
66	0,126	0,024	Borde

Los gráficos presentados a continuación fueron realizados con el *software Isoplot 4.15*. Para cada una de las muestras, se presentan diagramas de densidad probabilística de los datos. En ellos es posible identificar diferentes poblaciones de edades. En los casos de las poblaciones representadas por 8 o más datos se presenta el diagrama *TuffZirc* (Ludwig y Mundil, 2002), que es un algoritmo matemático diseñado para identificar la edad más probable de un grupo de datos pertenecientes a una toba. Es insensible tanto a la pérdida de plomo como a la presencia de núcleos heredados y no ignora del todo la información que entregan los errores analíticos.

La figura 52 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP01; en él se distinguen claramente 4 poblaciones de circones.

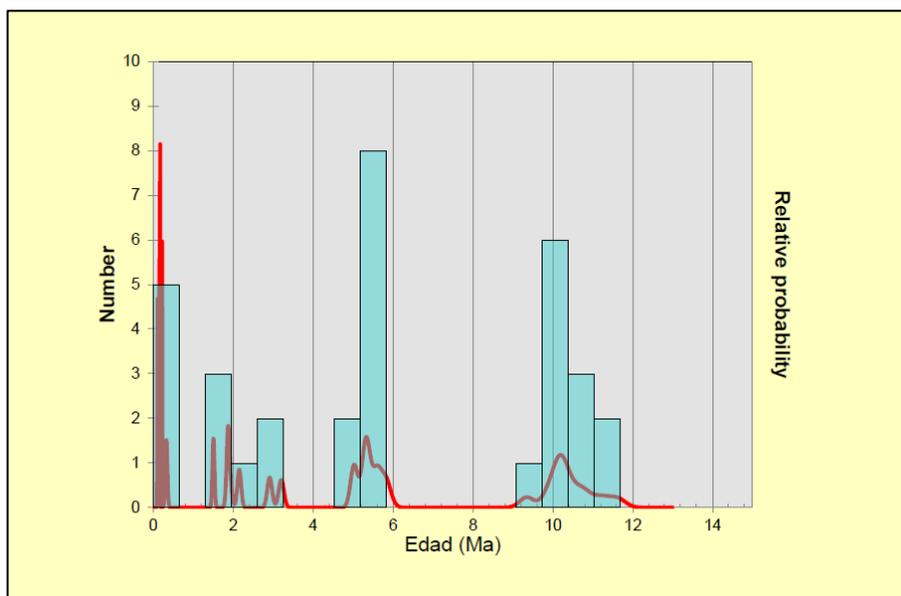


Figura 52: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP01.

En la tabla 17 se presentan las edades mínimas y máximas de cada una de las poblaciones.

Tabla 17: Poblaciones de la muestra CPIP01.

Población	Cantidad de circones por población	Menor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )	Mayor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )
1	4	0,112 $\pm$ 0,017	0,328 $\pm$ 0,053
2	3	1,506 $\pm$ 0,052	3,205 $\pm$ 0,13
3	7	5,002 $\pm$ 0,17	5,83 $\pm$ 0,23
4	8	9,35 $\pm$ 0,35	11,619 $\pm$ 0,4

La figura 53 muestra circones de las diferentes poblaciones identificados con su edad y la zona en donde se realizó la ablación.

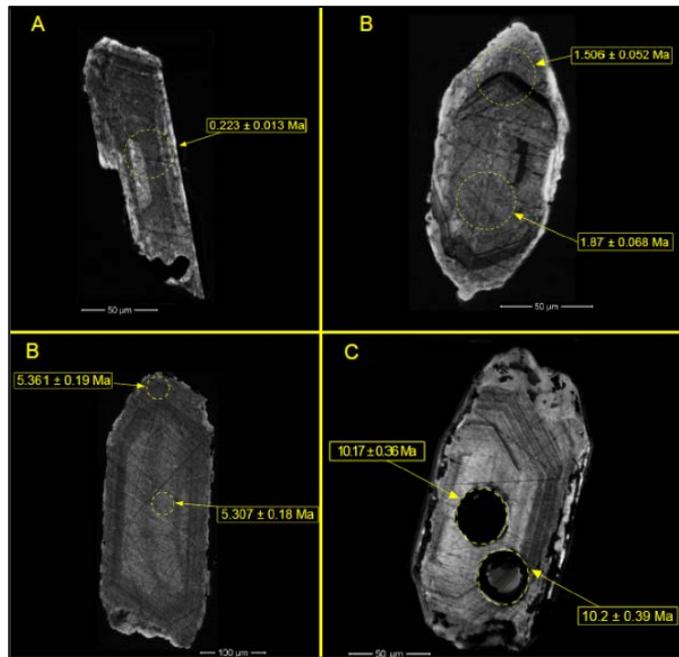


Figura 53: Circones representivos de las diferentes poblaciones. A, población 1; B población 2; C población 3; D población 4.

En la figura 54 se muestran los diagramas *TuffZirc* para las poblaciones 3 y 4.

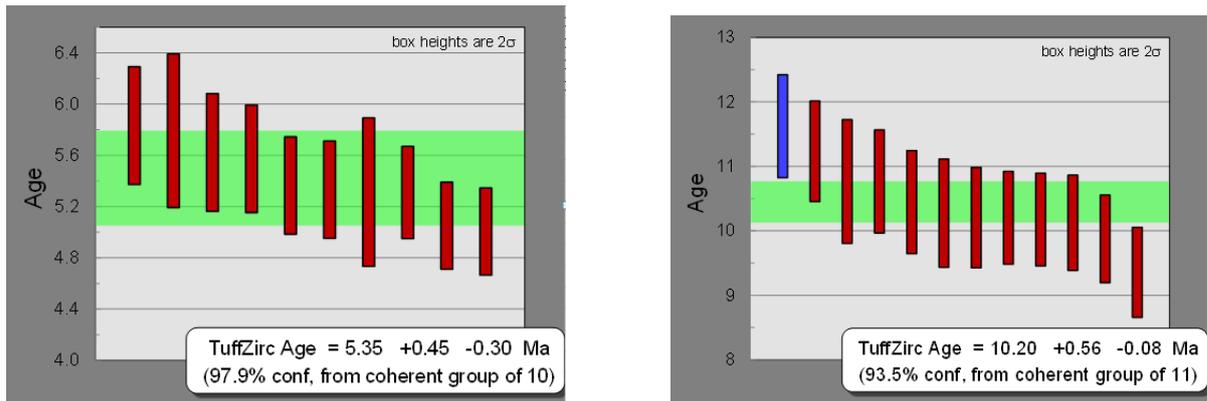


Figura 54: Izquierda, diagrama *TuffZirc* de la población 3. Derecha, diagrama *TuffZirc* de la población 4.

La figura 55 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP02; en él se observan dos muestras que poseen edades considerablemente mayores que el resto de los cristales datados, en la figura 56 se ve el detalle del resto de los datos. En esta muestra solo es posible identificar una población de 4 datos con edades menores a los 2 Ma, mientras que entre los 2 y 17 Ma no es posible identificar claramente una población.

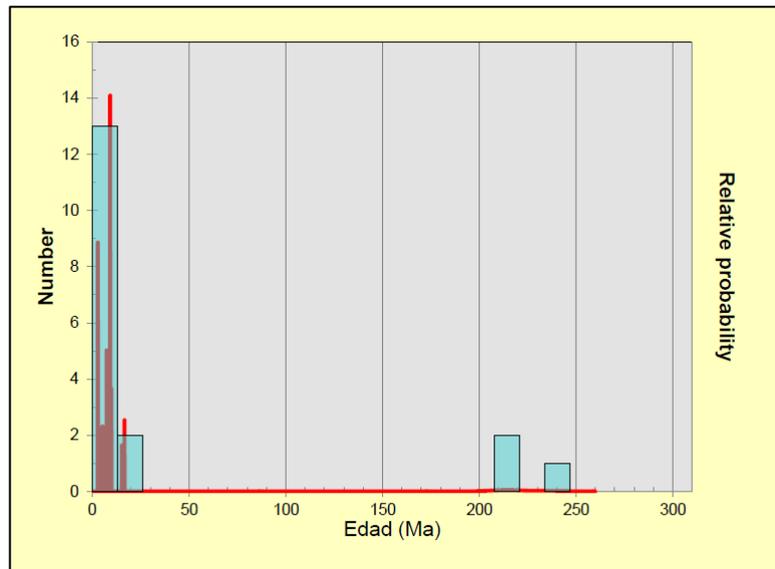


Figura 55: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP02.

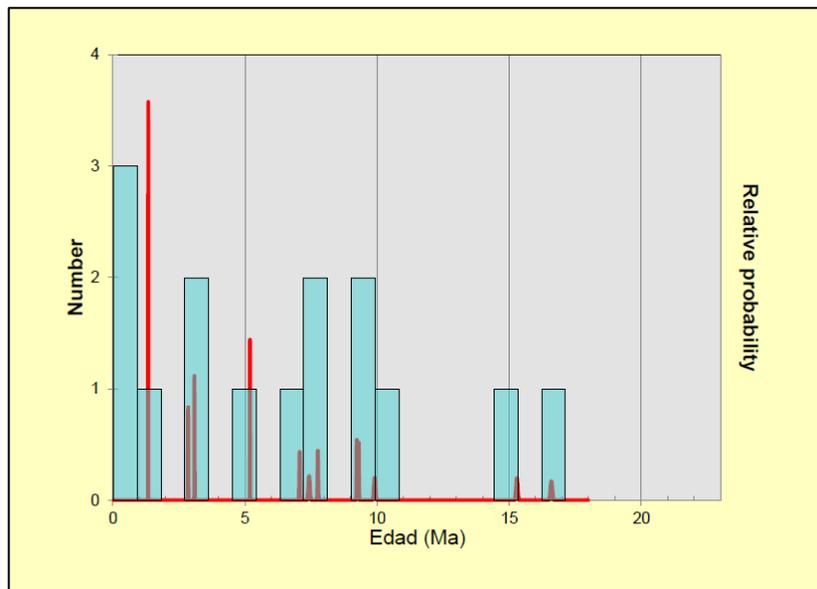


Figura 56: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP02 (detalle).

En la tabla 18 se presenta la edad mínima y máxima de la población identificada.

Tabla 18: Poblaciones de la muestra CPIP02.

Población	Cantidad de circones por población	Menor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )	Mayor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )
1	3	$0,244 \pm 0,046$	$1,34 \pm 0,18$

La figura 57 muestra circones de la población identificada, con su edad y la zona en donde se realizó la ablación.

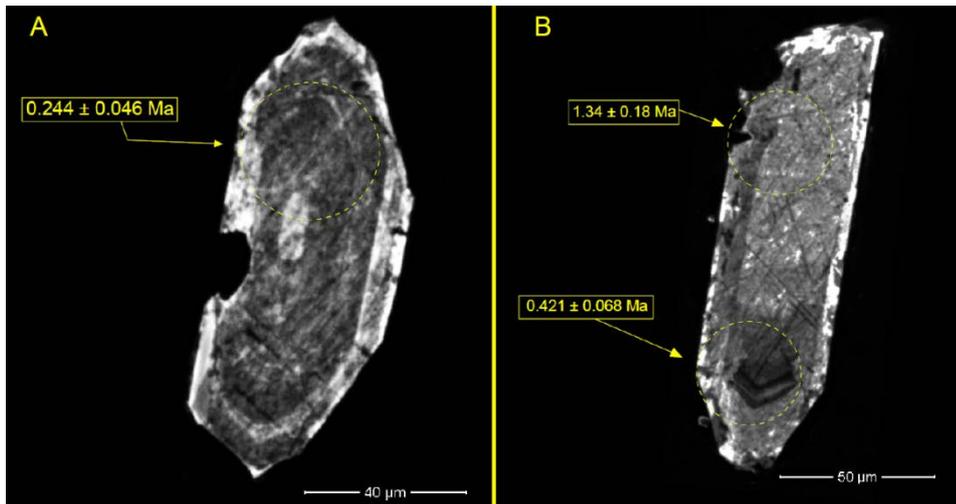


Figura 57: Circones pertenecientes a la población 1 de la muestra CPIP02.

La figura 58 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP03; en él se pueden identificar algunos datos con edades muy superiores al grueso de las del resto. En la figura 59 se presenta el gráfico sin estos datos y se observa la presencia de dos poblaciones cercanas a los 2 y 5 Ma respectivamente.

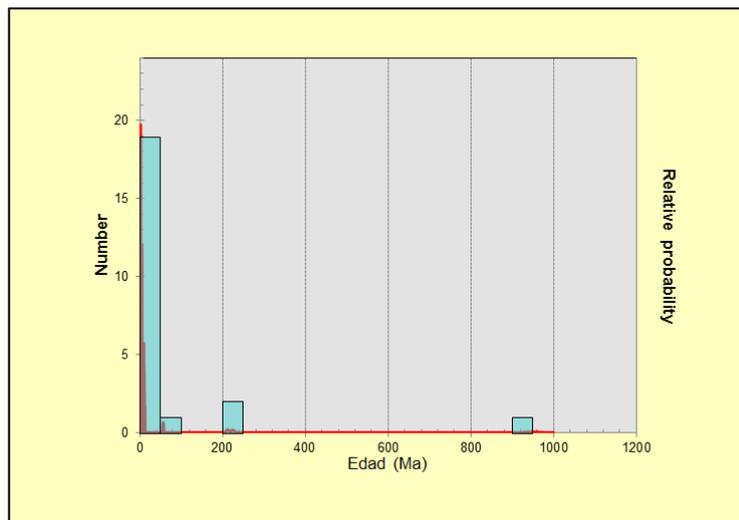


Figura 58: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP03.

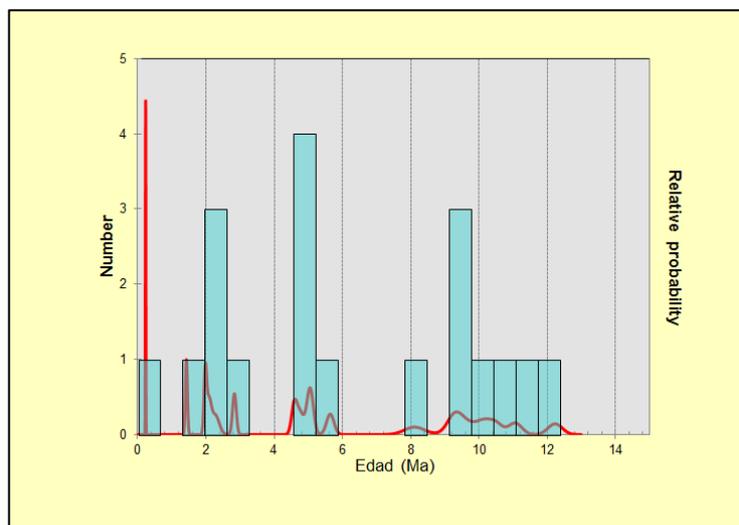


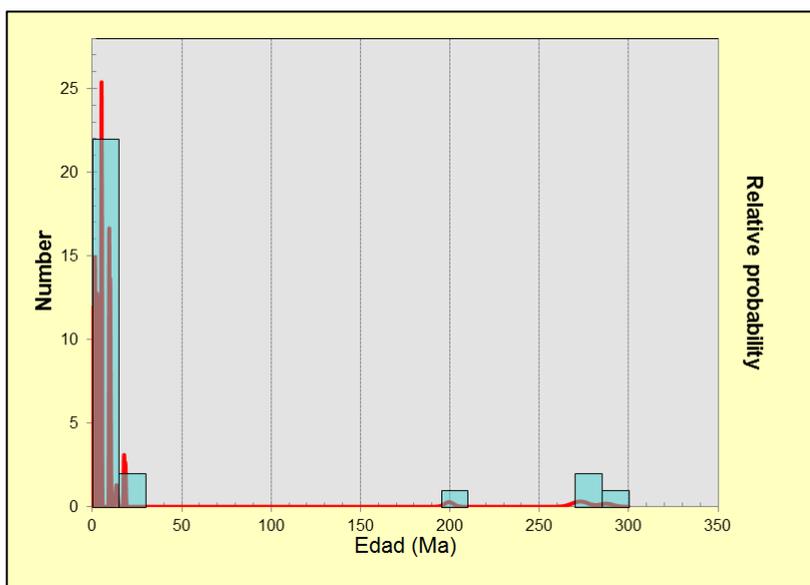
Figura 59: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP03 (detalle).

En la tabla 19 se presentan las edades mínimas y máximas de las poblaciones identificadas.

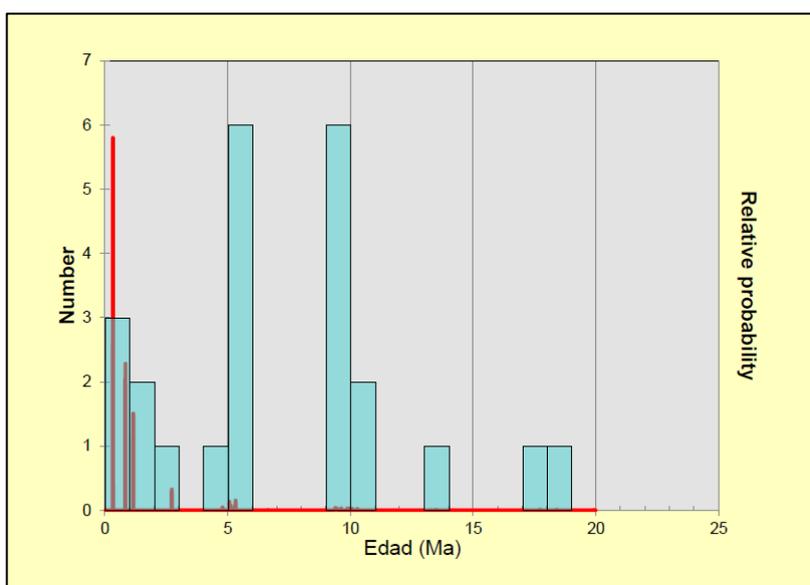
**Tabla 19: Poblaciones de la muestra CPIP03.**

Población	Cantidad de circones por población	Menor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )	Mayor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )
1	-	0,232 $\pm$ 0,013	2,833 $\pm$ 0,11
2	-	4,584 $\pm$ 0,16	5,64 $\pm$ 0,22

La figura 60 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP04; en él se observa la presencia de tres datos con edades sobre los 199 Ma. La figura 61 muestra el diagrama sin estos datos y es posible distinguir 3 poblaciones menores a los 11 Ma mientras que no se observa una clara entre los 13 y 20 Ma.



**Figura 60: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP04.**



**Figura 61: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP04 (detalle).**

La tabla 20 muestra las edades mínimas y máximas de cada una de las poblaciones observadas.

Tabla 20: Poblaciones de la muestra CPIP04.

Población	Cantidad de circones por población	Menor Edad (Ma) ±Error (2σ)	Mayor Edad (Ma) ±Error (2σ)
1	4	0,33 ± 0,041	1,473 ± 0,072
2	5	4,795 ± 0,15	5,33 ± 0,17
3	5	9,383 ± 0,26	10,29 ± 0,36

La figura 62 muestra circones de la población identificada, con su edad y la zona en donde se realizó la ablación.

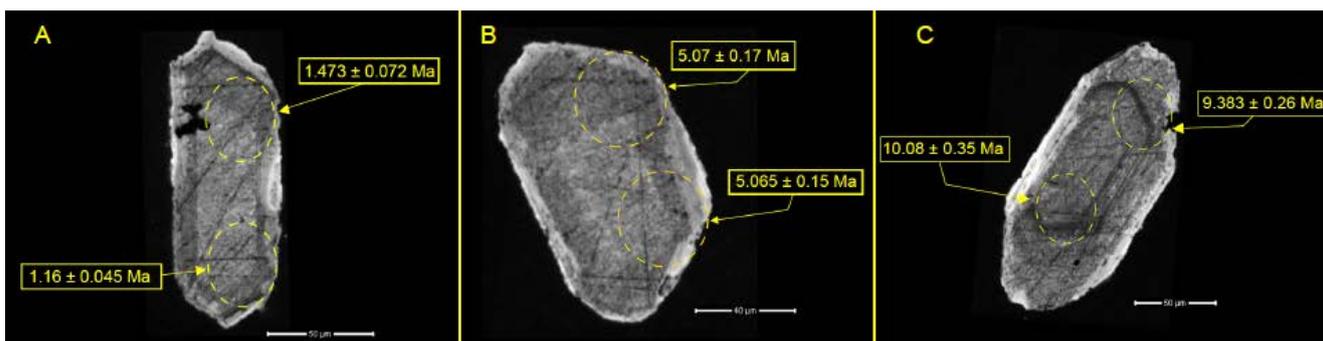


Figura 62: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2; C, población 3.

Para el caso de la población 3 se presenta el diagrama *TuffZirc* (Figura 63).

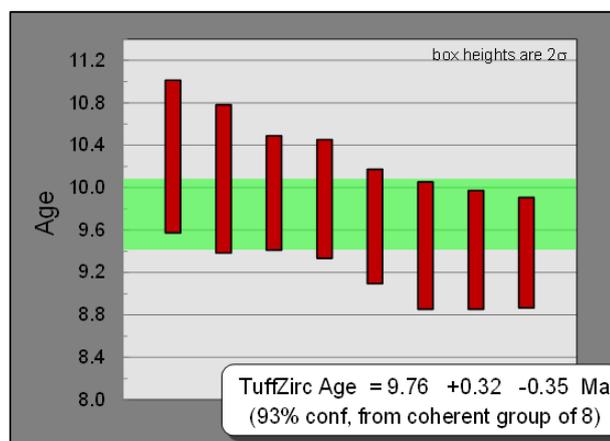


Figura 63: Diagrama *TuffZirc* de la población 3 de la muestra CPIP04.

La figura 64 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP05; en él se observan dos poblaciones sobre los 8 Ma y un dato entre los 6 y 7 Ma.

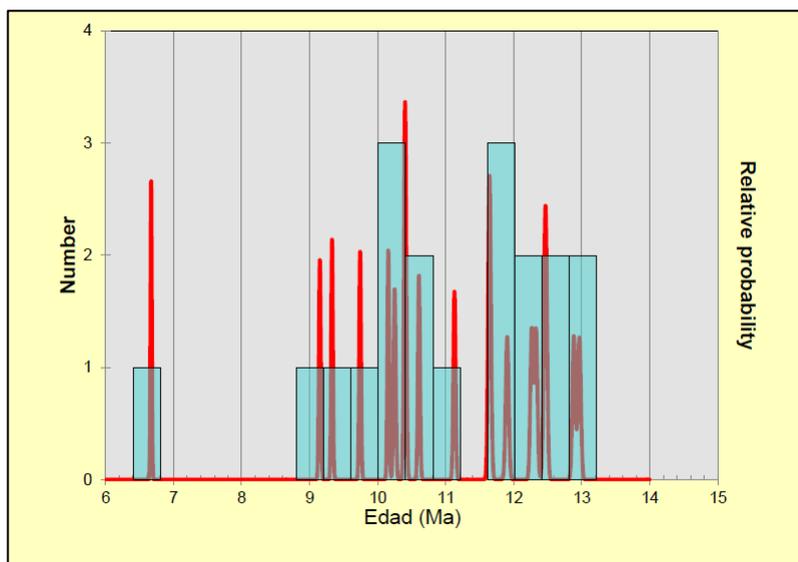


Figura 64: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP05.

La tabla 21 presenta las edades mínimas y máximas de las poblaciones identificadas. Existe un círculo que se encuentra en ambas poblaciones.

Tabla 21: Poblaciones de la muestra CPIP05.

Población	Cantidad de circones por población	Menor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )	Mayor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )
1	8	9,15 $\pm$ 0,31	10,607 $\pm$ 0,29
2	8	11,129 $\pm$ 0,3	12,966 $\pm$ 0,34

La figura 65 muestra circones de la población identificada, con su edad y la zona en donde se realizó la ablación.

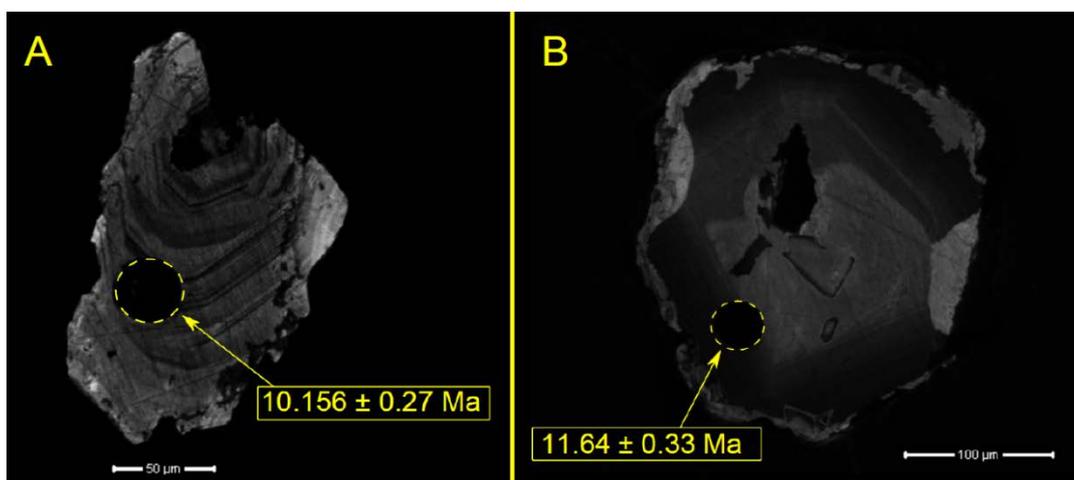


Figura 65: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2.

En la figura 66 se observan los diagramas *TuffZirc* de estas poblaciones.

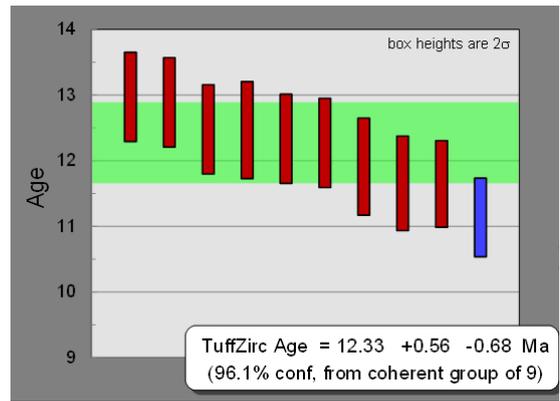
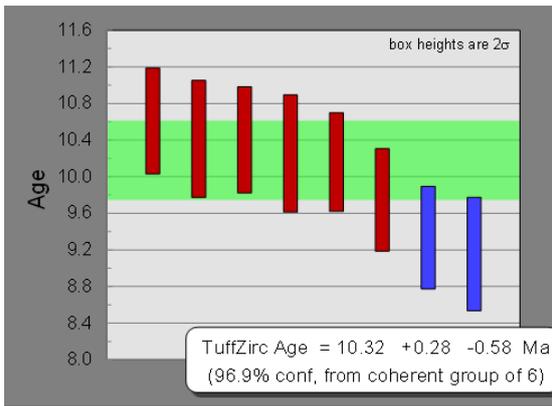


Figura 66: Izquierda, diagrama *TuffZirc* de población 1. Derecha, diagrama *TuffZirc* de la población 2.

La figura 67 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP06; en él se observan algunos datos aislados con edades superiores a los 20 Ma. La figura 68 presenta el gráfico sin estos datos, en él se pueden identificar dos poblaciones, una de menos de 1 Ma, otra bordeando los 5 Ma y otra cercana a los 11 Ma.

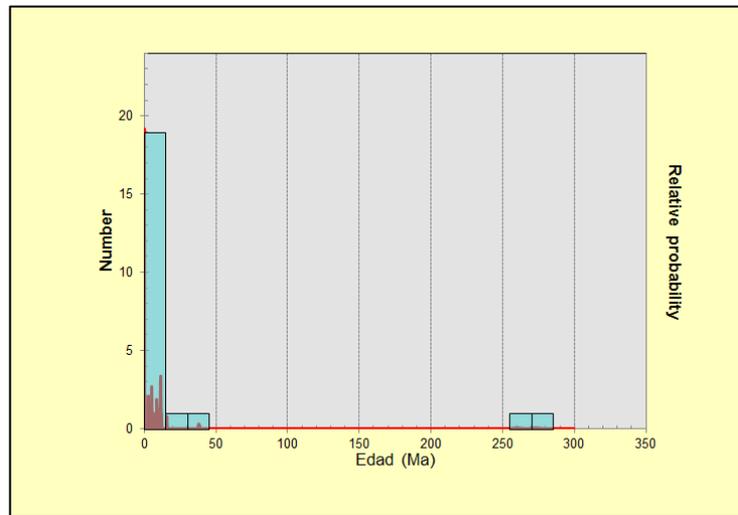


Figura 67: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP06.

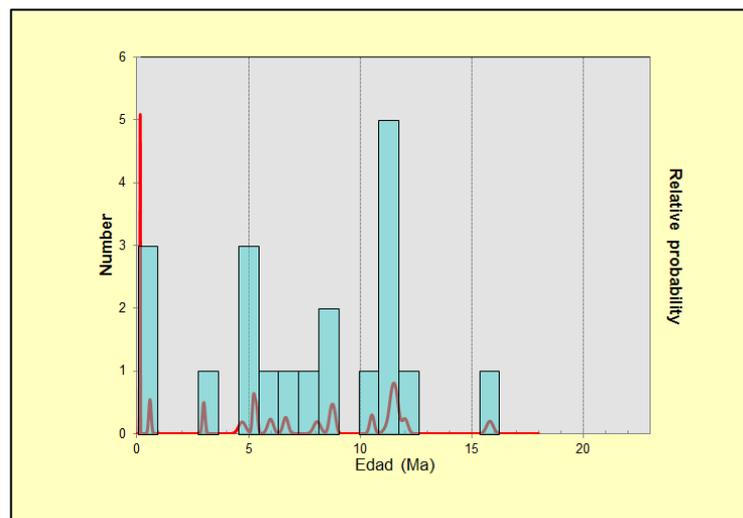


Figura 68: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP06 (detalle).

La tabla 22 presenta las edades mínimas y máximas de las poblaciones identificadas. En el caso de la población 2 se consideran solo los datos circundantes a los 5 Ma que es el *peak* observado.

Tabla 22: Poblaciones de la muestra CPIP06.

Población	Cantidad de circones por población	Menor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )	Mayor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )
1	3	0,129 $\pm$ 0,026	0,58 $\pm$ 0,11
2	4	4,71 $\pm$ 0,32	5,98 $\pm$ 0,26
3	5	11,37 $\pm$ 0,47	11,6 $\pm$ 0,24

La figura 69 muestra circones de la población identificada, con su edad y la zona en donde se realizó la ablación.

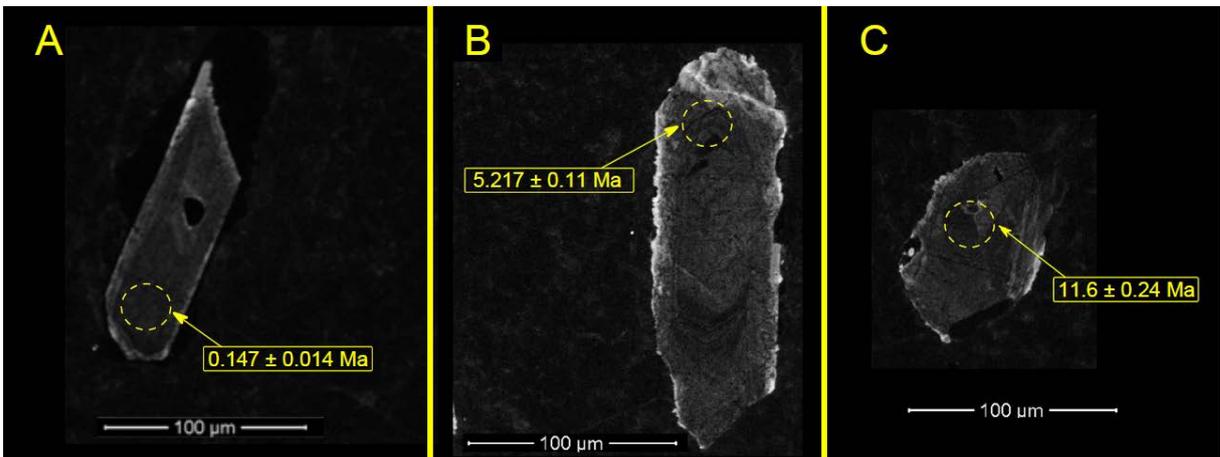


Figura 69: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2; C, población 3.

La figura 70 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP07; en él se observan 3 datos aislados entre los 30 y 45 Ma. La figura 71 presenta un acercamiento de los datos de edades menores a 20 Ma.

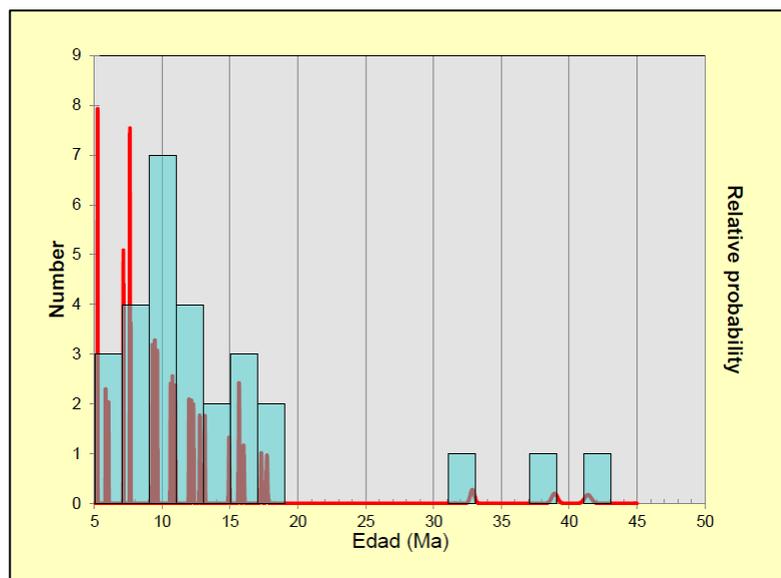


Figura 70: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP07.

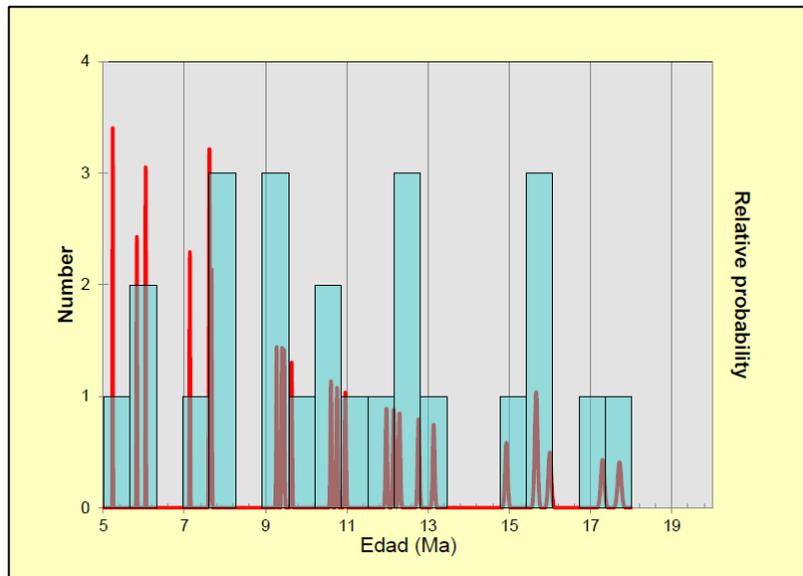


Figura 71: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP07 (detalle).

Los datos pueden ser agrupados en tres poblaciones cuyas edades mínimas y máximas son entregadas en la tabla 23. Si bien se observan datos entre los 9 y 13 Ma aproximadamente que se encuentran claramente aislados por un lapso de tiempo de las poblaciones aledañas, el rango de edades que abarcaría esta población es muy alto por lo que no se presenta como tal.

Tabla 23: Poblaciones de la muestra CPIP07.

Población	Cantidad de circones por población	Menor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )	Mayor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )
1	3	5,237 $\pm$ 0,16	6,049 $\pm$ 0,18
2	2	7,137 $\pm$ 0,22	7,673 $\pm$ 0,22
3	4	14,932 $\pm$ 0,42	17,717 $\pm$ 0,5

La figura 72 muestra circones de las diferentes poblaciones identificadas con su edad y la zona en donde se realizó la ablación.

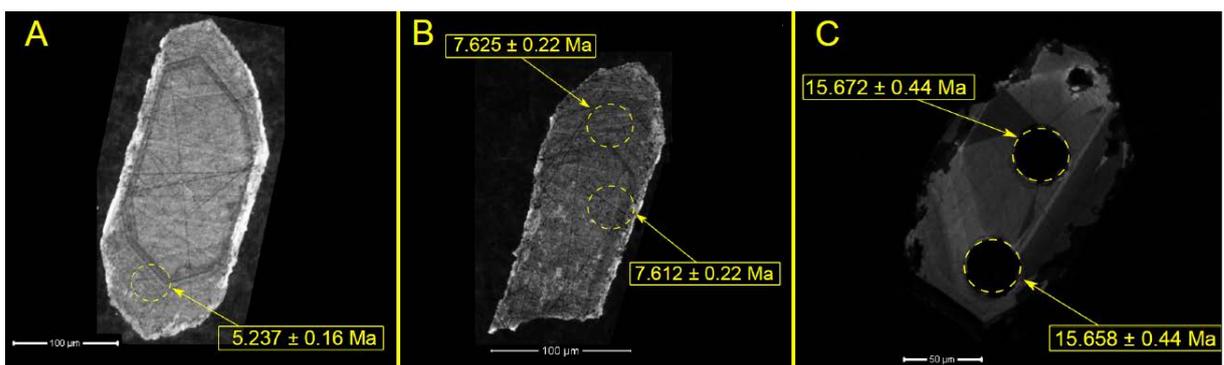


Figura 72: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2; C, población 3.

La figura 73 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP08; en él se observan datos aislados con edades entre 50 y 150 Ma aproximadamente. En la figura 74 se presenta el diagrama de los datos con edades menores a los 20 Ma. Se puede observar un continuo de edades entre los 0 y 19 Ma, sin embargo destaca un alto número de datos con edades menores a 1 Ma.

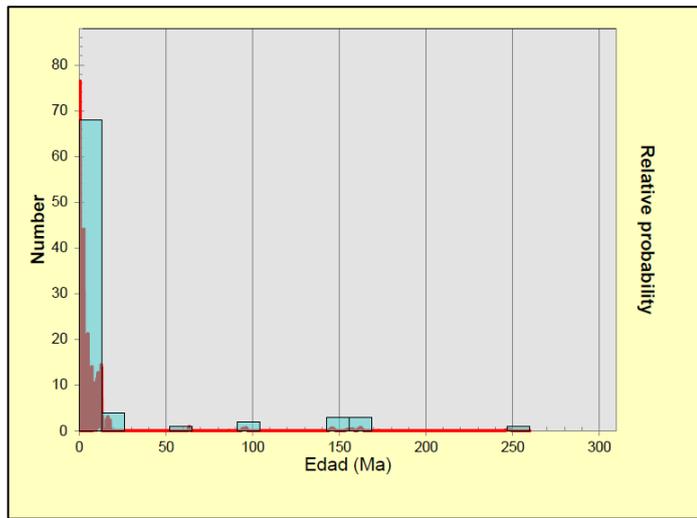


Figura 73: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP08.

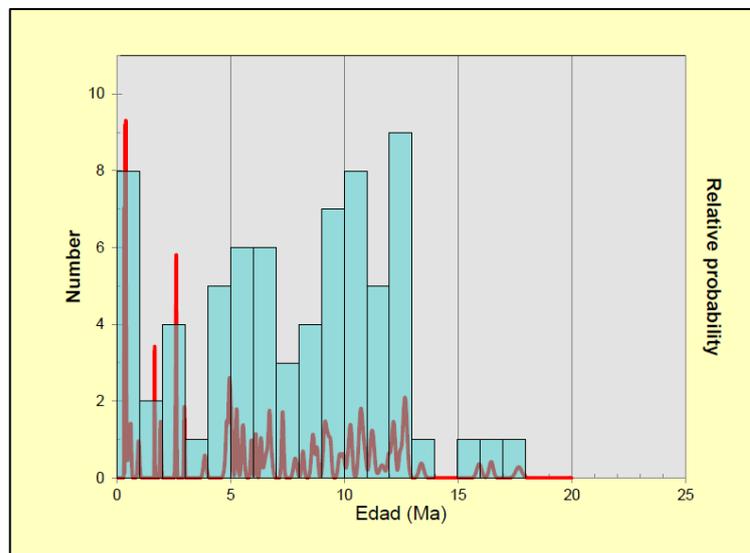


Figura 74: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP08 (detalle).

La figura 75 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP010; en él se pueden identificar claramente 3 poblaciones.

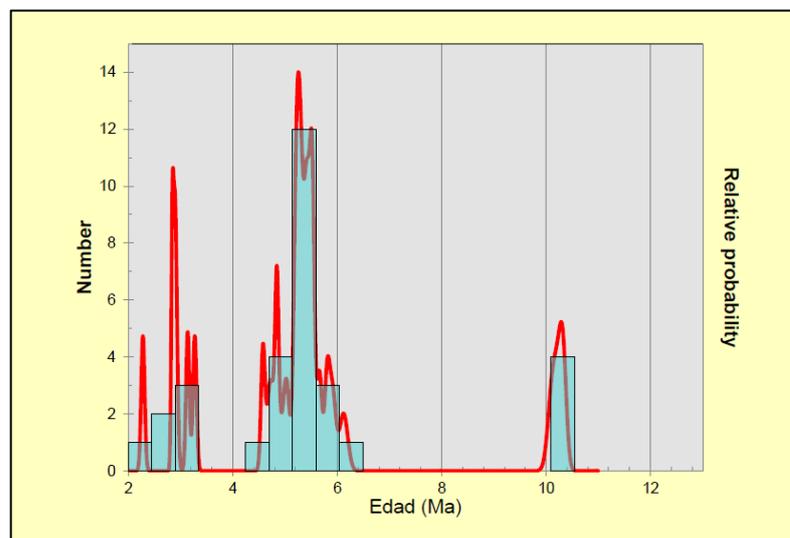


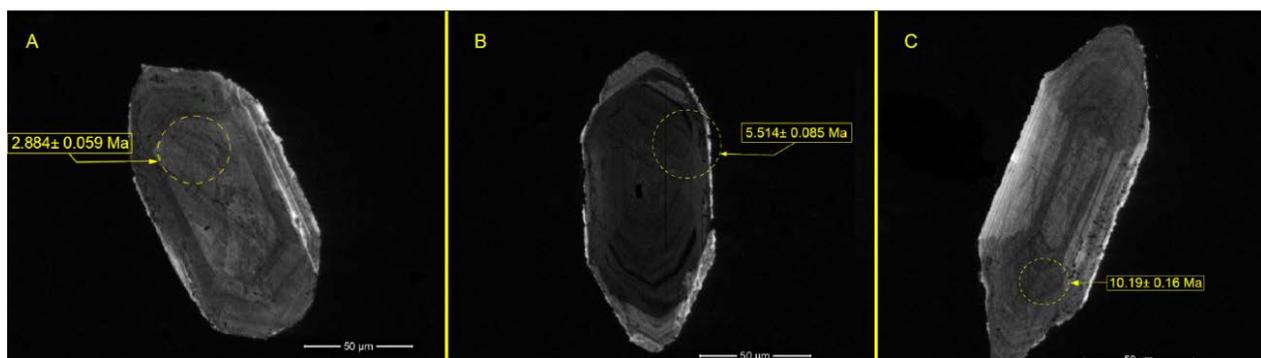
Figura 75: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP010.

En la tabla 24 se muestran las edades mínimas y máximas de cada una de las poblaciones identificadas.

**Tabla 24: Poblaciones de la muestra CPIP10.**

Población	Cantidades de circones por población	Menor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )	Mayor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )
1	6	2,276 $\pm$ 0,068	3,27 $\pm$ 0,068
2	17	4,576 $\pm$ 0,076	6,12 $\pm$ 0,16
3	4	10,1 $\pm$ 0,16	10,33 $\pm$ 0,13

La figura 76 muestra circones de las diferentes poblaciones identificados con su edad y la zona en donde se realizó la ablación.



**Figura 76: Circones representativos de cada población. A, población 1; B, población 2; C, población 3.**

La figura 77 muestra el diagrama *TuffZirc* de la población 2.



**Figura 77: Diagrama *TuffZirc* de la población 2.**

La figura 78 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP011; en él se identifican dos datos aislados con edades de aproximadamente 200 Ma. La figura 79 muestra solo los datos con edades entre los 4 y 13 Ma, en él es posible identificar una población, además se observan 3 datos aislados con edades cercanas a los 9 y 12 Ma.

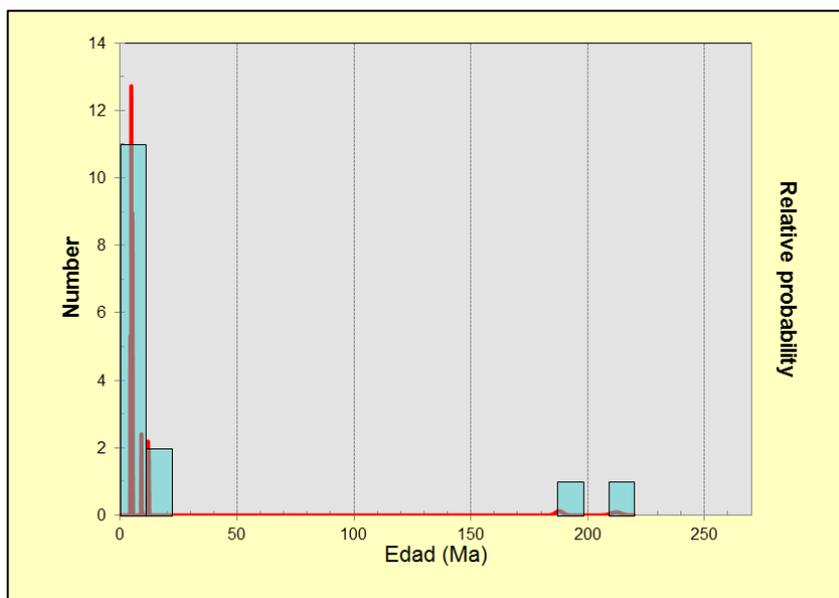


Figura 78: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP11.

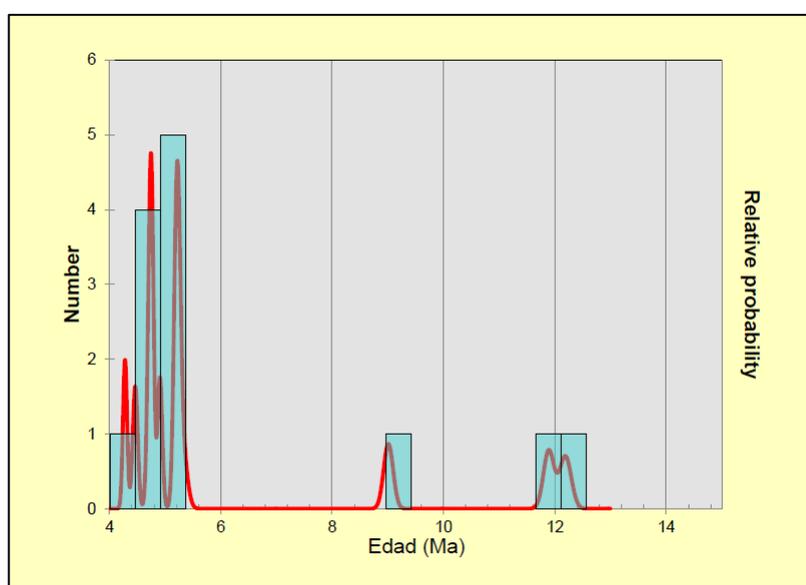


Figura 79: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP11 (detalle).

La tabla 25 presenta la edad mínima y máxima de la población identificada en esta muestra.

Tabla 25: Poblaciones de la muestra CPIP11.

Población	Cantidad de circones por población	Menor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )	Mayor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )
1	6	4,278 $\pm$ 0,074	5,3 $\pm$ 0,17

La figura 80 muestra circones de la población identificada, con su edad y la zona en donde se realizó la ablación.

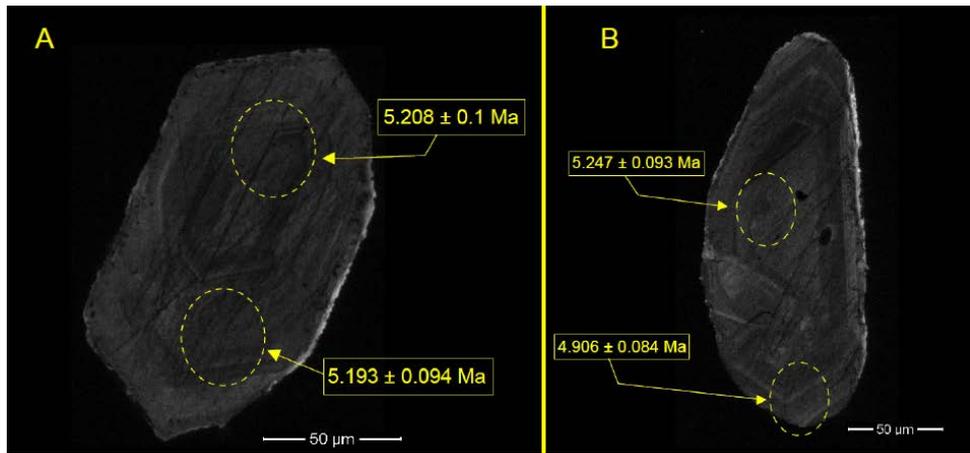


Figura 80: Circones representativos de la población identificada.

La figura 81 presenta el diagrama *TuffZirc* de la población identificada.

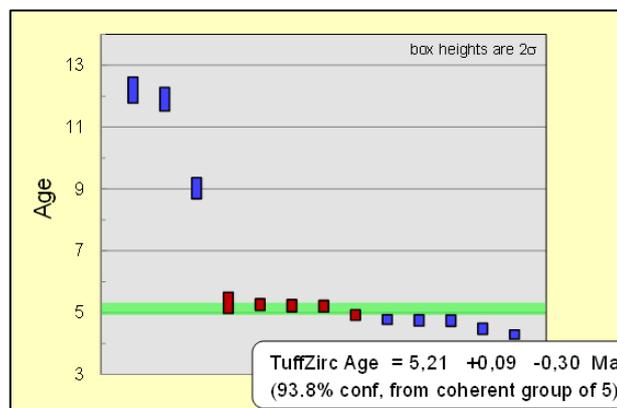


Figura 81: Diagrama *TuffZirc* de la población 1.

La figura 82 muestra el gráfico de densidad probabilística de la muestra CPIP011; en él se pueden identificar tres datos aislados con edades sobre los 50 Ma. La figura 83 corresponde al diagrama de los datos de edades menores a los 10 Ma, es posible distinguir claramente dos poblaciones, además se observan 2 pares de datos aislados que se encuentran alrededor de los 2 Ma y 10 Ma respectivamente.

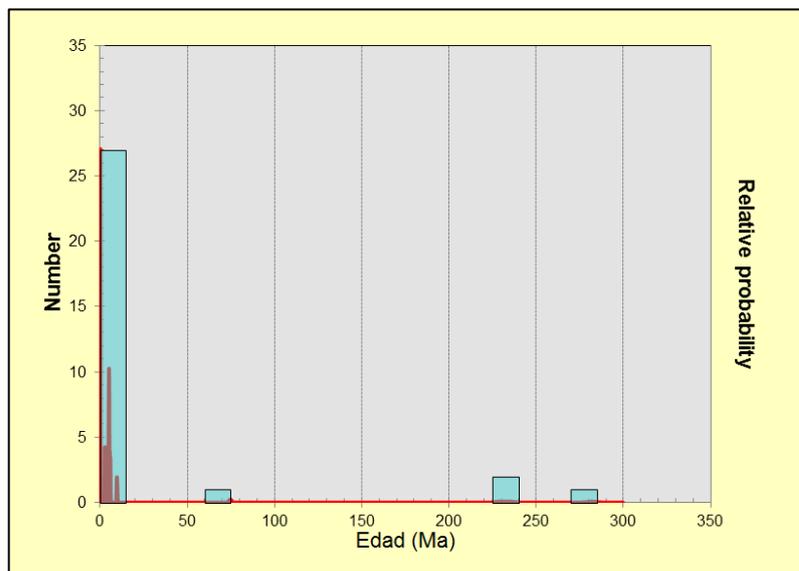


Figura 82: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP12.

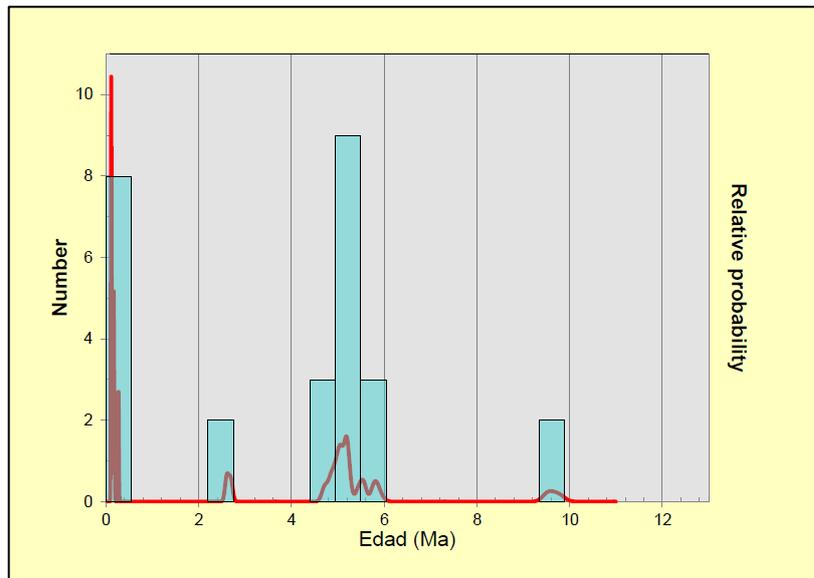


Figura 83: Diagrama de densidad probabilística de la muestra CPIP12 (detalle).

La tabla 26 presenta las edades mínimas y máximas de las poblaciones identificadas.

Tabla 26: Poblaciones de la muestra CPIP12.

Población	Cantidad de circones por población	Menor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )	Mayor Edad (Ma) $\pm$ Error ( $2\sigma$ )
1	7	$0,108 \pm 0,011$	$0,268 \pm 0,017$
2	14	$4,717 \pm 0,13$	$9,75 \pm 0,26$

La figura 84 muestra circones de las poblaciones identificadas con su edad y la zona en donde se realizó la ablación.

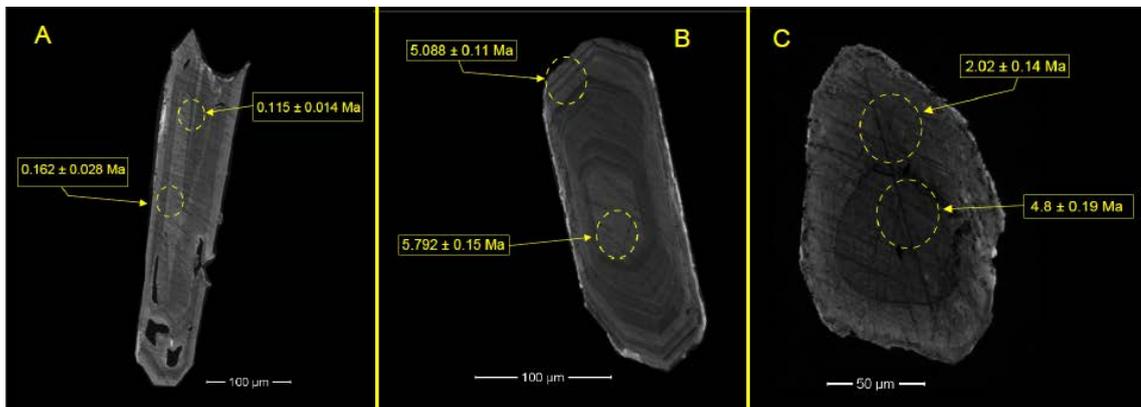


Figura 84: Circones representativos de cada población. A, población 1, B población 2, C población 2 con borde ca. 2 Ma.

Las figura 85 presentan los diagramas *TuffZirc* para estas poblaciones.

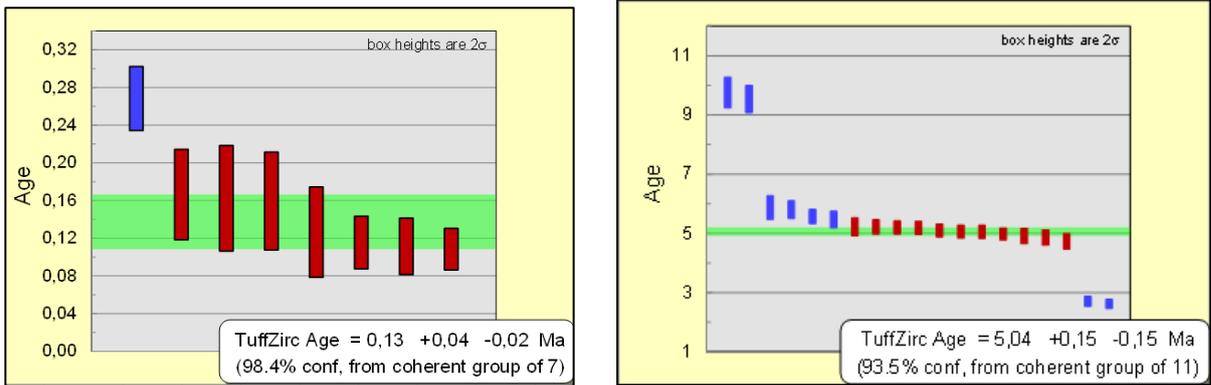


Figura 85: Izquierda, diagrama *TuffZirc* de la población 1. Derecha, diagrama *TuffZirc* de la población 2.

Si bien todas las muestras corresponden a localidades diferentes, todas pertenecen al mismo depósito por lo que es factible considerar un análisis de estas muestras en su conjunto. Para facilitar esto se presentan los diagramas de densidad probabilística de todos los cristales estudiados separando, para una mejor visualización de los datos, los análisis con edades resultantes sobre los 20 Ma de los que dieron edades menores a este límite. En la figura 86 se presenta dicho diagrama para edades sobre los 20 Ma, en él no se considera un dato cercano a los 950 Ma debido a que la inclusión del mismo no permite visualizar bien el resto, pero debe considerarse dentro de esta población. Es posible observar que no es posible identificar poblaciones de datos y que por el contrario las edades encontradas abarcan un amplio rango.

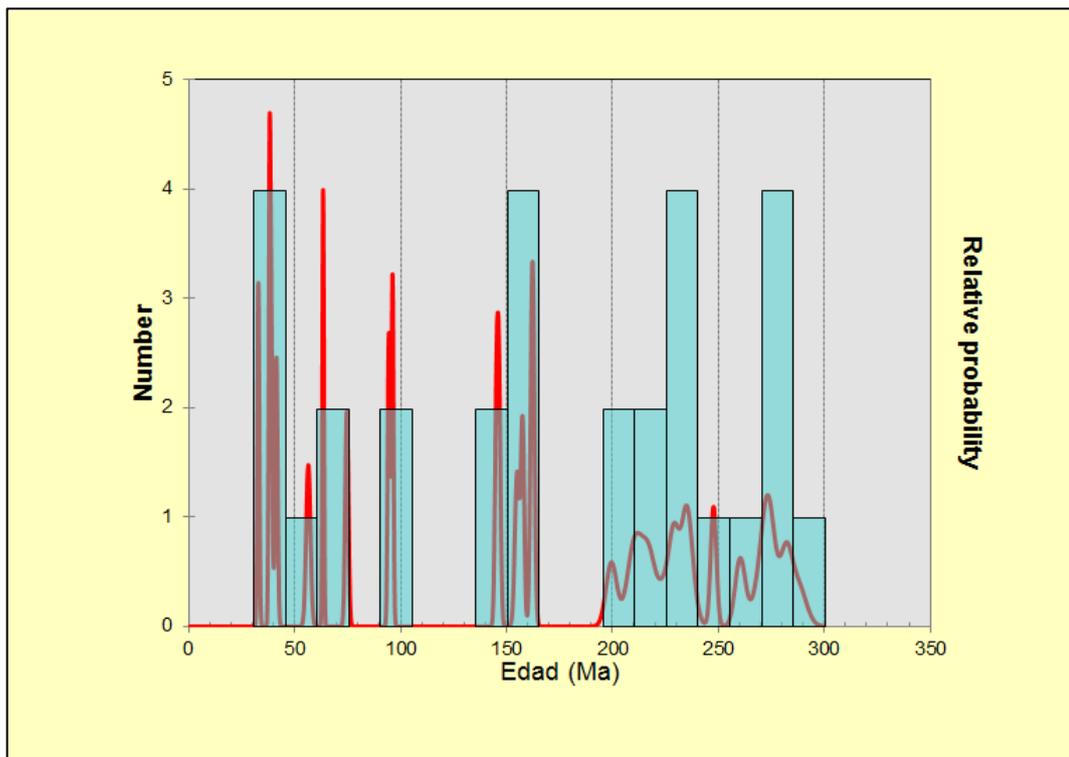


Figura 86: Diagrama de densidad probabilística de edades sobre los 20 Ma.

La figura 87 presenta el diagrama de densidad probabilística de las edades menores a 20 Ma. En él se puede observar que las edades encontradas corresponden a un continuo entre los 0 y 20 Ma aproximadamente, sin embargo, destacan con fuerza dos *peaks* correspondientes a dos poblaciones: una con edades menores a 1 Ma y otra con edades cercanas a los 5 Ma. Es posible también observar un número no menor de datos asociado a los

10 Ma, en donde la variación de las edades que lo conforman es mucho mayor que en los casos anteriores.

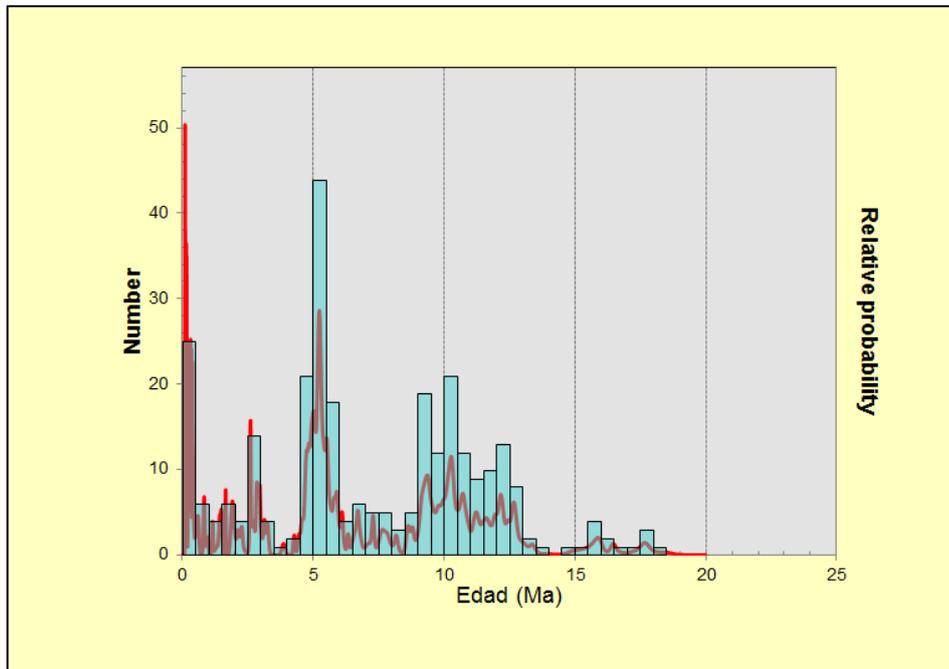


Figura 87: Diagrama de densidad probabilística de edades menores a los 20 Ma.

Para las poblaciones identificadas en el diagrama anterior se realizaron los diagramas de *TuffZirc* (ver figuras 88, 89 y 90). Para la población de edades menores a 1 Ma los datos que entregan la edad de *TuffZirc* corresponden principalmente a la muestra CPIP12. Con la intención de mejorar el análisis estadístico, se realizó también el diagrama *TuffZirc* (ver figura 91) que no considera las edades pertenecientes a dicha muestra.

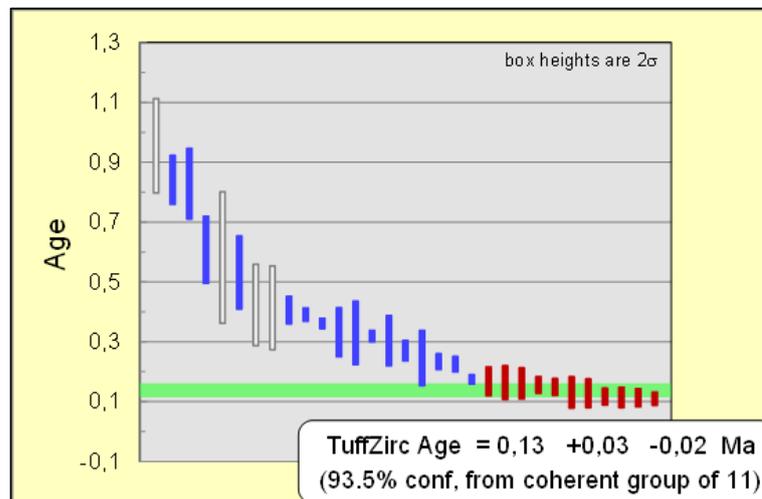


Figura 88: Diagrama *TuffZirc* de datos menores a 1 Ma.

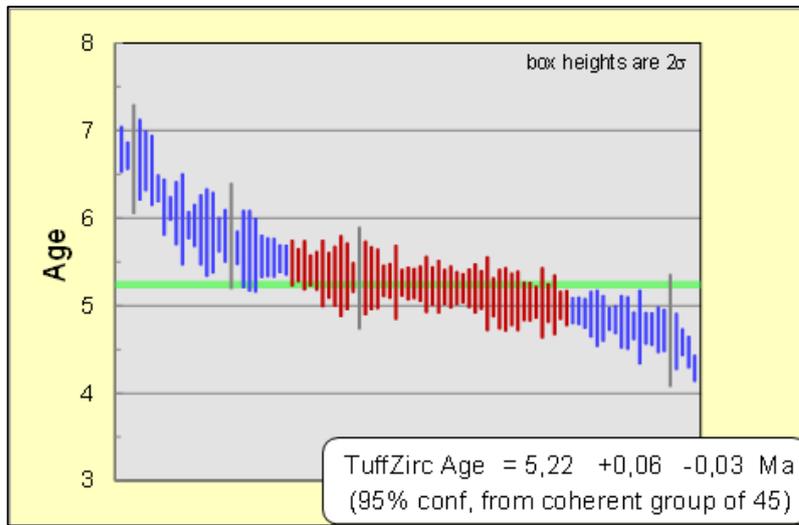


Figura 89: Diagrama *TuffZirc* de datos cercanos a los 5 Ma.

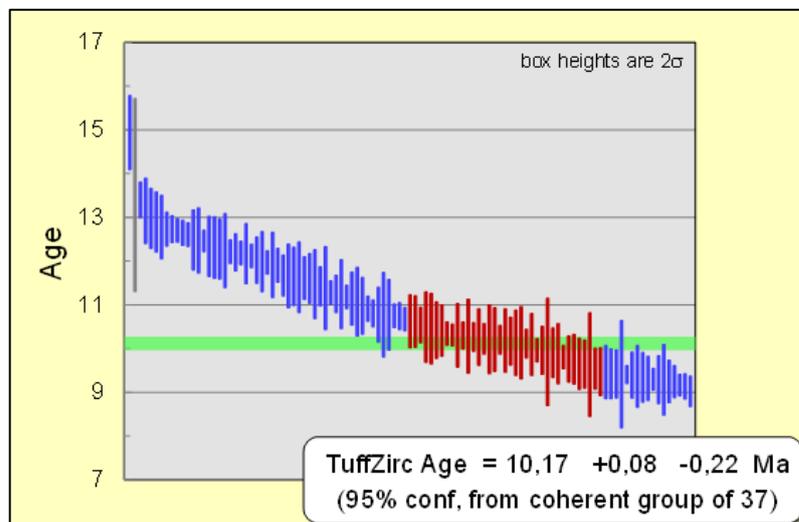


Figura 90: Diagrama *TuffZirc* de edades cercanas a los 10Ma.



Figura 91: Diagrama *TuffZirc* de edades menores a 1 Ma, sin los datos pertenecientes a la muestra CPIP12.

El diagrama *TuffZirc* de las edades menores a 1 Ma indica una edad de 0,13 +0,03 – 0,02 Ma representativa de un grupo de 11 datos; la mayoría de estos corresponden a la muestra CPIP12 en donde los circones datados presentan un patrón poco usual de zonación en

el que parte de las bandas internas del cristal no siguen el patrón de las más externas y en algunos casos terminan combinándose entre sí (Figura 92). Son justamente estos sectores los que se encuentran datados.

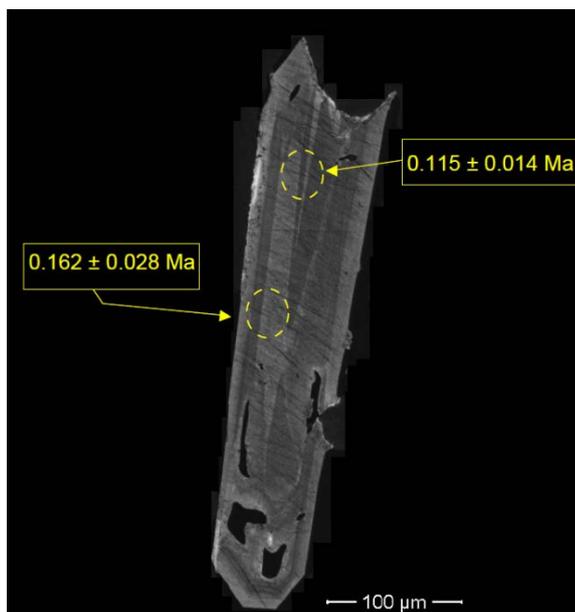


Figura 92: Circón con zonación inusual de muestra CPIP12.

Los circones de esta población poseen una estructuralidad de media a alta (subhedrales y euhedrales, en el caso de los subhedrales es debido a que el cristal está roto), presentan formas prismáticas y bi-piramidales-prismáticas y poseen texturas internas generalmente zonadas; solo en algunos casos es homogénea o con una zonación muy leve (Figura 93). Es posible encontrar cristales con diferentes relaciones de aspecto, la mayoría pertenecientes a la clasificación B (ver capítulo 5.2.1. del presente trabajo), siguiéndolos en número los pertenecientes a la C.

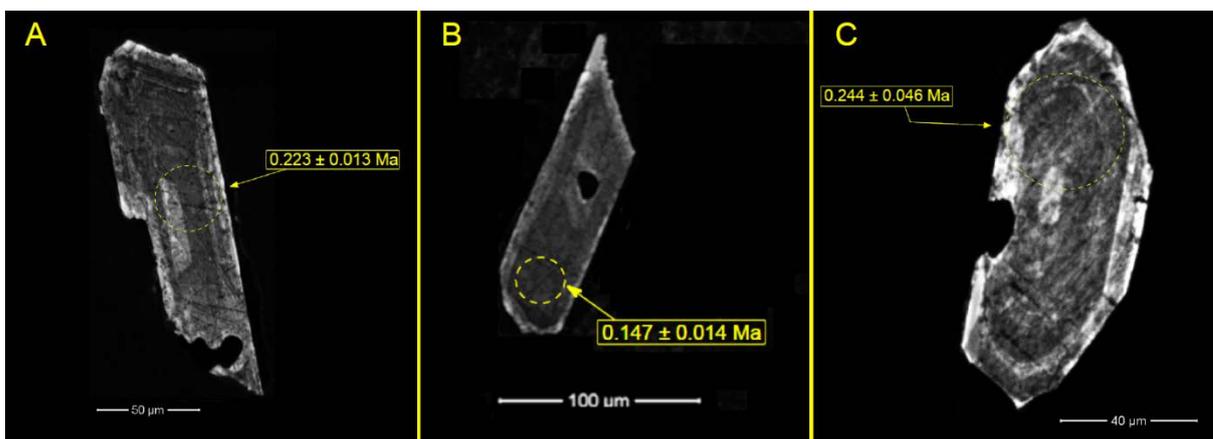


Figura 93: Circones pertenecientes a la población con edades cercanas a 1 Ma.

En el diagrama *TuffZirc* que no considera los datos obtenidos en la muestra CPIP12, la edad indicada es de  $0,39 +0,03 -0,06$  Ma representativa de un grupo de 7 datos.

El diagrama *TuffZirc* de las edades cercanas a los 5 Ma indica una edad de  $5,22 +0,06 -0,03$  Ma que representan a un grupo de 45 datos en total. Los cristales pertenecientes a esta población poseen formas de subhedrales a euhedrales, con hábitos bipiramidales-prismáticos y suelen encontrarse zonados (Figura 94). Las dataciones se realizaron tanto en centros como en bordes de los cristales. Algunos presentan texturas anormales de zonación, similares a las

descritas anteriormente para los circones con edades menores a 1 Ma, pero no se encuentran datadas.

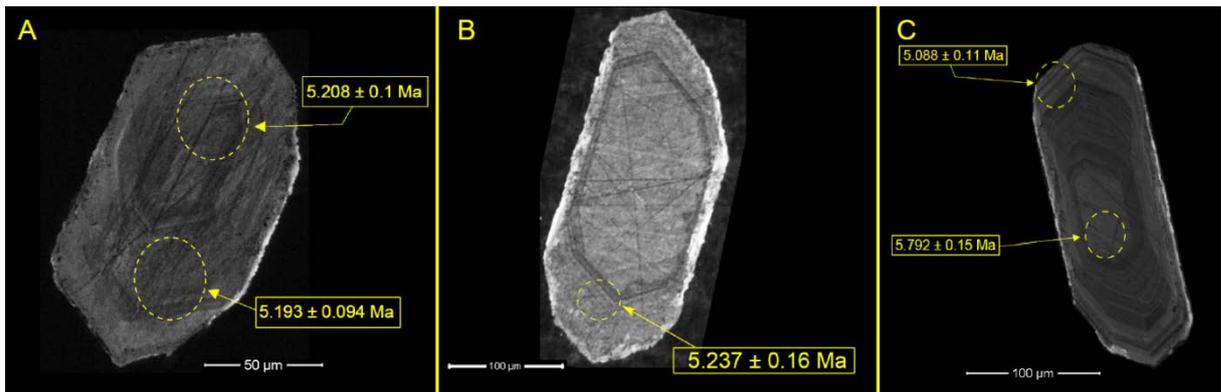


Figura 94: Circones pertenecientes a la población con edades cercanas a los 5 Ma.

El diagrama *TuffZirc* de las edades cercanas a los 10 Ma indica una edad de 10,17 +0,08 -0,22 Ma que representa a un grupo de 37 datos en total. Los cristales pertenecientes a esta población poseen formas de anhedrales a subherales, suelen encontrarse zonados y presentan sus bordes levemente redondeados (Figura 95). Las dataciones corresponden tanto a centros como bordes de los cristales.

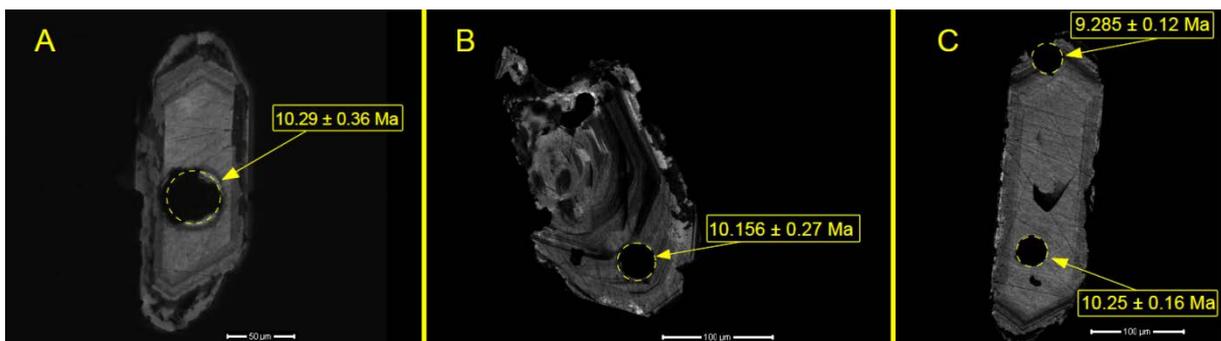


Figura 95: Circones pertenecientes a la población con edades cercanas a los 10 Ma.

El *software Isoplot* ofrece una herramienta para estimar la edad mínima de un número de datos que corresponde a un método estadístico con un 95% de confianza (una explicación del método se encuentra en el Anexo E). La figura 96 muestra el gráfico con la edad mínima estimada para los datos menores a 1 Ma, la que corresponde a 0,10417 +0,0091 -0,014 Ma.

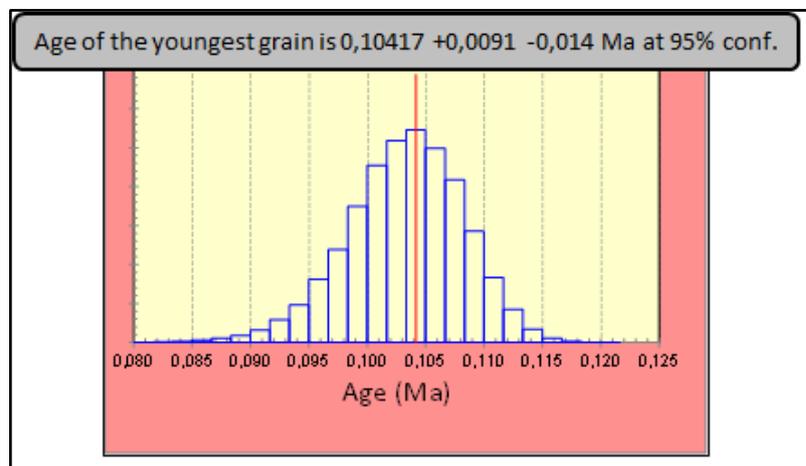


Figura 96: Edad mínima para datos menores a 1 Ma. La línea roja representa la moda mientras que las cajas azules las simulaciones de la distribución de Monte Carlo.

La figura 97 corresponde al mapa con las ubicaciones de las muestras en donde se indica la presencia, en mayor o menor medida, de datos pertenecientes a las poblaciones identificadas anteriormente. Es posible notar que la presencia de circones de estos dos grupos no parece encontrarse relacionada con las facies descritas por Troncoso (2012), ni asociado al valle de algún río específico. En la zona sur del mapa es posible ver que en las muestras obtenidas de zonas más cercanas a la Caldera Diamante (CPIP10 y CPIP11) y que se encuentran en el valle del río Cachapoal, que es uno de los que drena de manera directa al complejo volcánico, se observan circones con edades cercanas a los 5 Ma y no se observan circones pertenecientes a la población de edades menores a 1 Ma. Sin embargo, en zonas más alejadas siguiendo la topografía del valle y la probable dirección de depósito del flujo (que proviene desde la caldera y se encauza por el río) sí se encuentran circones pertenecientes a esta población (CPIP12 y CPIP06), además de encontrarse circones con edades cercanas a los 5 Ma.

En la parte norte del mapa, en donde los depósitos se encuentran asociados al valle del río Maipo, se observa que en la zona más cercana a la caldera por este cauce y en donde el depósito de la Ignimbrita es muy acotado y escaso, no se encuentran circones (CPIP09). En las zonas intermedias del depósito, en donde hoy en día se emplaza la zona sur de la ciudad de Santiago, se observa que hay presencia de datos con edades menores a 1 Ma y cercanas a los 5 Ma. En la zona ubicada más lejos de la caldera se observan muestras con presencia de datos con edades menores a 1 Ma (CPIP04 y CPIP08) y con edades cercanas a 5 Ma (CPIP04, CPIP07 y CPIP08). Destaca que la muestra CPIP05 es la única que no presenta circones con edades de alguna de estas dos poblaciones.

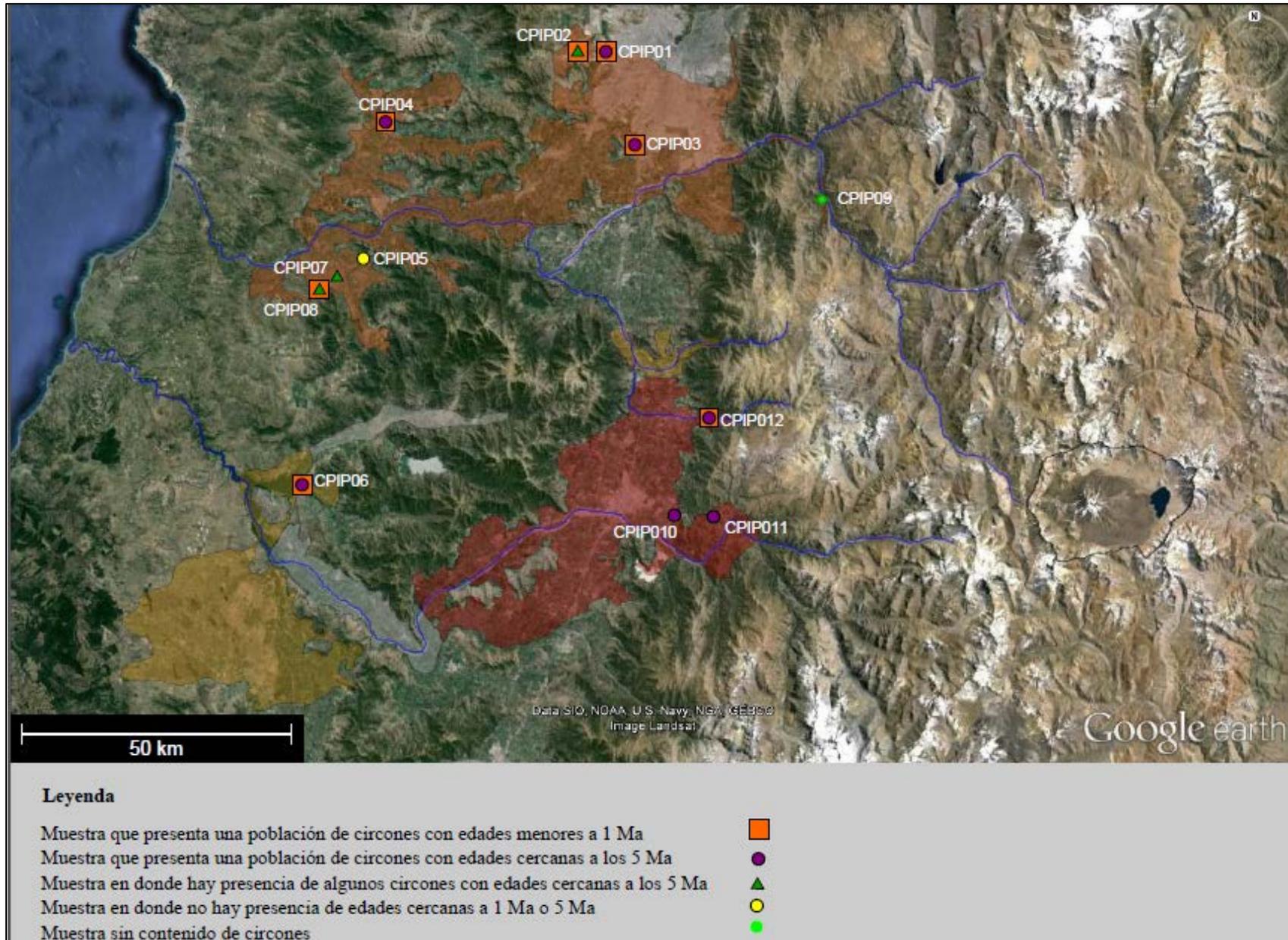


Figura 97: Mapa con ubicación de la muestras y presencia de poblaciones identificadas.

## 6. Discusiones

### 6.1. Química de plagioclasas

Las plagioclasas son los cristales más abundantes dentro de las muestras que se estudiaron. Su estructuralidad es entre subhedral y anhedral en la mayoría de los casos y en ocasiones se observan fracturadas, su integridad, sin embargo, suele ser entre media y alta.

Los cristales encontrados en rocas piroclásticas provienen generalmente de un magma porfírico, es muy baja la proporción que proviene de la desintegración de la roca caja (McPhie *et al.*, 1993) Por otro lado los cristales encontrados en ignimbritas muchas veces pueden pertenecer a depósitos inferiores que fueron retrabajados por el flujo piroclástico e incorporados al mismo, pero es de esperar que esos cristales se encuentren extremadamente redondeados debido los procesos de acarreo que sufren. Debido a lo anterior se descarta que estos cristales en particular provengan de fuentes ajenas al magma que originó a la Ignimbrita. La disgregación y fracturación de los cristales es producido probablemente durante su ascenso por el conducto volcánico y debido a la explosividad de la erupción.

Dentro de las plagioclasas estudiadas se encuentra una familia de plagioclasas zonadas. La textura de zonación en minerales con solución sólida es una evidencia de variaciones composicionales del magma en el que se encuentran. La zonación ocurre cuando las variaciones en el magma se producen con mayor velocidad que la cinética de difusión química del cristal o cuando la tasa de difusión de los componentes del fundido es menor que la de crecimiento del cristal. Durante la diferenciación de fluidos silicatados calcoalcalinos en la corteza, las plagioclasas varían su composición desde el extremo rico en calcio correspondiente a la anortita hasta el extremo rico en sodio correspondiente a la albita; las zonaciones de tipo normal corresponden a las que siguen el comportamiento descrito, es decir, que evidencian una diferenciación continua del magma.

Las plagioclasas zonadas encontradas poseen un tipo de zonación oscilatoria lo que evidencia cambios composicionales en el magma, sin embargo la variación de composiciones es leve por lo que podría ser explicada por cristalización fraccionada.

Los minerales con solución sólida que poseen textura homogénea, como una de las familias encontradas en este estudio, se producen cuando el cristal se encuentra en constante equilibrio con el magma en el que está creciendo, lo anterior por lo tanto indica que no hubieron cambios drásticos composicionales en el magma que albergaba a estos cristales.

Las plagioclasas homogéneas corresponden principalmente a oligoclasas, lo que indica que se formaron en un magma más bien diferenciado con un alto contenido de sílice, las plagioclasas zonadas poseen núcleos que se encuentran en el campo de las andesinas y que en otros casos caen el campo de las oligoclasas cercanos al límite con el de la andesina; esto indica que las primeras etapas de formación de estos cristales ocurrieron en un fundido un poco menos diferenciado que el de la familia de plagioclasas homogéneas.

El hecho de encontrar a estas dos familias juntas puede tener más de una explicación ya que como los cristales no son idiomorfos no es posible relacionar los tamaños entre ellos. La mayoría de los bordes de las plagioclasas zonadas analizadas poseen composiciones parecidas a las de las plagioclasas homogéneas, esto indica que la composición del magma en que estas se

formaron es similar a la del que contenía a las plagioclasas zonadas en su última etapa de zonación. Uno de las posibles explicaciones para que esto ocurra es que las plagioclasas homogéneas correspondan a fragmentos de los bordes de las plagioclasas zonadas, pero esto es poco probable debido a que las plagioclasas homogéneas poseen tamaños similares a las de las zonadas y lo esperable es que fueran proporcionalmente más pequeños. Otra posibilidad es que el núcleo de las plagioclasas zonadas se formó en un lugar diferente dentro de la misma cámara, en donde las tasas de difusividad eran diferentes y en la etapa final de cristalización migraron a una zona con composiciones más diferenciadas del magma. Existe la posibilidad de que se formaran en fluidos diferentes que posteriormente se mezclaron. Debido a la falta de evidencia no es factible escoger una hipótesis más adecuada que otra.

Según el modelamiento propuesto por Lange (2009) para obtener las composiciones encontradas en los bordes de las plagioclasas zonadas y en las plagioclasas homogéneas estudiadas, el porcentaje de agua del magma, considerando presiones más bien someras (100 Mpa), debería ser cercano al 5 wt%. Esto es considerando una temperatura probable de la erupción de 900 °C, que puede ser entre 1000 y 800 °C para erupciones silíceas (Spera, 1999). Para temperaturas mayores este porcentaje aumenta considerablemente, mientras que para temperaturas menores disminuye.

## 6.2. Morfología de circones

### 6.2.1. Circones con textura irregular

Los circones pertenecientes a esta familia poseen una estructuralidad relativamente alta y una baja integridad, evidenciada por las imágenes obtenidas con el detector de electrones secundarios en el SEM. Estas fotomicrografías muestran la presencia de surcos que atraviesan los cristales a lo largo del eje cristalográfico *c*. Esta textura es observada como un mosaico en las imágenes de cátodo-luminiscencia. Imágenes CL de circones con texturas de similares características han sido interpretadas como reemplazos metasomáticos que crean dominios más ricos en ciertos elementos traza, y que su desarrollo puede encontrarse precedido por la formación de texturas en parche (*patchy texture*) que se desarrollan debido a presiones externas (Corfu y Ayres, 1984). Debido a la superficie irregular que presentan estos circones no fue posible realizar dataciones a alguno de ellos. Variaciones en los contenidos de elementos traza, en este caso, no son necesariamente la explicación de la textura observada ya que las tonalidades observadas en las imágenes de CL se podrían explicar en su totalidad por las variaciones en la superficie del cristal en donde el haz estaría llegando a zonas que se encuentran a diferentes distancias y que poseen diferentes ángulos con respecto a la superficie. Debido a que no se realizó un análisis geoquímico de las diferentes zonas del cristal no se puede asegurar que de todas formas no existan posibles variaciones de elementos como tierras raras en la estructura del cristal.

La posibilidad de que se encuentren circones que hayan sido sometidos a presiones que produzcan estas texturas es factible debido a la presencia de la faja plegada y corrida del Aconcagua en la zona de emplazamiento de la Caldera Diamante, sin embargo, debido a la falta de información geocronológica de los circones, no es posible asociarlos a algún piso estratigráfico y por lo tanto no se puede inferir una posible fuente. Por otro lado se debe considerar que los afloramientos de la faja corresponden principalmente a formaciones sedimentarias por lo que sería esperable que los circones heredados fueran más bien redondeados lo que se contradice con las estructuralidades que presentan los cristales de esta familia.

### 6.2.2. Circones zonados

La gran mayoría de los circones seleccionados para este estudio poseen esta textura. La zonación en circones ocurre debido a variaciones de Zr, Si, Hf, P, Y, U, Th y tierras raras en la estructura del mineral (Corfu *et al.*, 2003). Esta textura por lo tanto es una evidencia de cambios composicionales ocurridos en el magma en donde se encuentra cristalizando el mineral y que dependerán del comportamiento de estos elementos ante procesos magmáticos como por ejemplo diferenciación o variaciones en tasas de difusión dentro de la cámara. En algunos circones son observadas zonas de reabsorción, es decir, zonas en donde un crecimiento regular del circón es interrumpido por discontinuidades en donde la zonación original es reabsorbida y seguida por un nuevo crecimiento de bandas. Corfu *et al.* (2003) indica que los intervalos de reabsorción probablemente reflejan períodos en donde el Zr se encontraba sub-saturado en el magma debido a fenómenos de mezcla de gran escala o a fenómenos cinéticos locales.

### 6.2.3. Circones homogéneos

Corfu *et al.*, (2003) indica que los circones que no presentan zonación pueden ocurrir debido a que crecieron en un ambiente particular en donde la cinética contribuyó a que los cristales se formaran con composiciones homogéneas o debido a que la resolución de las técnicas con que se obtuvieron las imágenes CL no era suficiente. Para la mayoría de los circones que se encuentran en esta familia la segunda explicación pareciera ser viable, debido a que en algunos casos se observan variaciones de tonalidades muy tenues que tal vez corresponden a una zonación leve del cristal que no pudo ser destacada con las especificaciones operacionales con que se obtuvieron las imágenes.

## 6.3. Datos geocronológicos

Los circones analizados pertenecen a la matriz de la Ignimbrita Pudahuel. Debido a que durante la separación de estos minerales no se realizó molienda es poco probable que pertenezcan a algunos de los líticos que se encuentran en el depósito. Es factible encontrar en este grupo cristales como xenocristales que pudieron haber sido incorporados desde las paredes de la cámara y que no representan edades de procesos que pudieron ocurrir ahí. Por otro lado la gran cantidad de circones analizados ayuda al proceso de descarte de los cristales que probablemente son heredados debido a que se trata de circones con edades que no se repiten. Por lo mismo al encontrar un gran número de cristales que poseen edades similares en localidades diferentes es factible pensar que provienen de la misma fuente de origen.

Con respecto a la morfología de los circones que poseen edades que no son posibles de asociar a una población determinada, se observa que estos son principalmente anhedrales a subhedrales, con algunas excepciones que en general concuerdan con los circones más antiguos (sobre 100 Ma). Suelen corresponder a fragmentos de cristales, que pueden estar o no zonados. En algunos es posible identificar bordes levemente redondeados (ver Figura 98). El mapa geológico del volcán Maipo muestra que la pared de la Caldera Diamante se encuentra en contacto con la faja plegada y corrida del Aconcagua compuesta por formaciones con edades principalmente jurásicas y cretácicas y de origen sedimentario; es posible también identificar algunos afloramientos de menor envergadura de origen de arco magmático con edad miocena inferior. Este contexto podría explicar la variedad de estos circones tanto en sus características morfológicas como en sus edades. Cabe destacar que los circones más antiguos tienen edades de hasta 300 Ma lo que permite inferir que en la cámara no se fundió corteza inferior, ya que de ser

así se esperaría tener cristales más antiguos que pudieran pertenecer a la misma. Según lo anterior es probable que la cámara tenga una ubicación más bien somera en donde se habrían incorporado a ella xenocristales de formaciones mesozoicas.

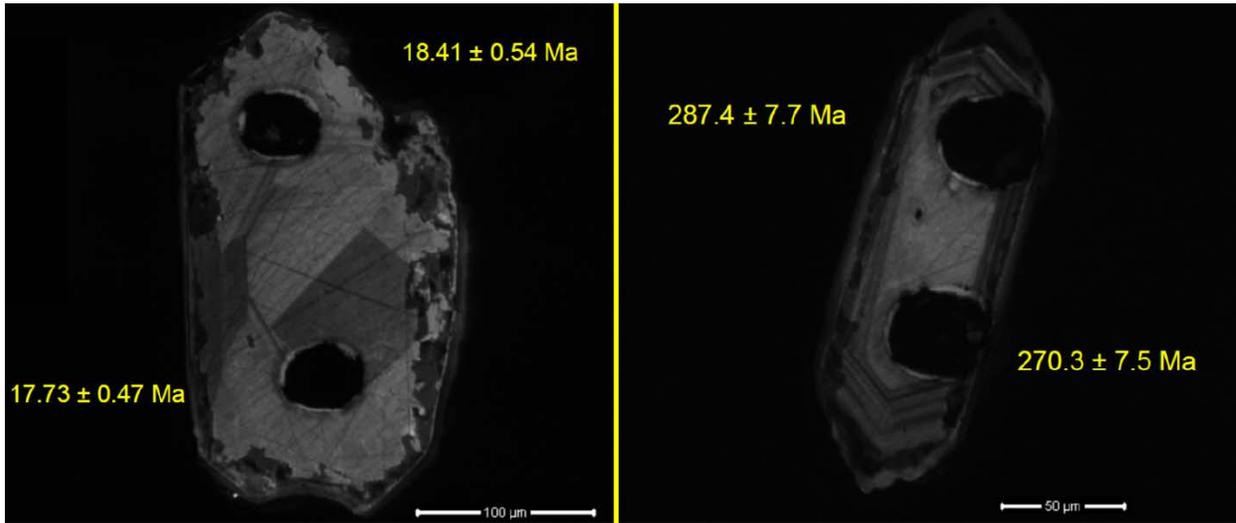


Figura 98: Circones con edades sobre los 15 Ma encontrados en este estudio.

En el presente estudio fueron encontradas dos poblaciones con una fuerte presencia en la mayoría de las muestras. Si bien la gran mayoría de los circones pertenecientes a estas poblaciones son subhedrales debido a que no se distinguen bien todas sus caras, estos en general no se encuentran redondeados lo que descarta que hayan sido incorporados al flujo piroclástico a partir del sustrato por retrabajo del mismo.

Se piensa que la relación de aspecto (razón largo/ancho) refleja la velocidad de cristalización (Corfu *et al.*, 2003) y que los cristales con formas aciculares indican una rápida cristalización (en rocas intrusivas). Dentro de los cristales encontrados existe un porcentaje importante de cristales que poseen una relación de aspecto alta y que en principio indicaría una cristalización más bien rápida, pero por otro lado muchos de estos cristales poseen zonación lo que indica un cierto tiempo de estadía en un fluido con variaciones en ciertos componentes, como las tierras raras, que originarían dicha textura. Una posible explicación para que esto ocurra es la cercanía de estos cristales a zonas más frías dentro de la cámara magmática, como por ejemplo las paredes o el techo, en donde siguen en contacto con el fundido, pero la tasa de enfriamiento es un poco mayor que en zonas más céntricas de la cámara.

### 6.3.1. Población de circones con edades menores a 1 Ma.

En las muestras CPIP01, CPIP02, CPIP03, CPIP04, CPIP06, CPIP08 y CPIP12 se encontraron circones con edades menores a 1 Ma. Si bien es cierto que las dataciones de U-Pb pierden exactitud cuando los cristales que se datan son muy jóvenes debido a posibles pérdidas de plomo (Schärer, 1984), la gran cantidad de datos obtenidos y su concordancia entre sí respalda su veracidad.

En algunos de los cristales pertenecientes a esta población se observa un patrón extraño de zonación, en que parte de las bandas internas del cristal no siguen el patrón de las más externas y en algunos casos terminan combinándose entre sí. Estos circones son observados principalmente en la muestra CPIP12 (ver Figura 92 del capítulo 5.3.1 del presente trabajo).

Pidgeon (1992) observa circones, pertenecientes a un intrusivo, con características similares. Él observa circones con parches de sectores sin zonación que reemplazan la zonación oscilatoria del cristal. Este autor, después de análisis y datación de cada una de estas zonas, interpreta que esta textura corresponde a una recrystalización debido a que la zonación oscilatoria del circón se hizo inestable por la incorporación de altas concentraciones de elementos contaminantes durante la cristalización magmática; lo anterior implicaría una pérdida de U, Th y Pb, por lo que la edad U-Pb de las partes no zonadas indicarían la edad del evento de recrystalización.

Según lo anterior las texturas observadas en los circones de este estudio podrían corresponder a un evento que implicó un cambio abrupto en las condiciones del magma en donde se encontraban estos cristales lo que provocó una recrystalización de los mismos. Debido a que la edad obtenida por el método U-Pb de estos cristales coincide con las más bajas obtenidas dentro del total de circones analizados, es factible inferir que corresponde al último proceso ocurrido en la cámara antes de la erupción. En particular los cristales que poseen estas texturas poseen edades entre los 0,1 y 0,2 Ma aproximadamente, mientras que los que no las poseen, en general, tienen edades superiores.

Se realizaron dos diagramas *TuffZirc* para inferir una posible edad de esta población. El primero consideró todos los datos de circones menores a 1 Ma y la edad obtenida fue de 0,13 +0,03 -0,02 Ma. Debido a que esta edad consideraba datos principalmente pertenecientes a la muestra CPIP12 se realizó un segundo diagrama sin considerar las edades obtenidas para los cristales de esa localidad y se obtuvo una edad de 0,39 +0,03 -0,06 Ma. Como se mencionó anteriormente los circones pertenecientes a la muestra CPIP12 poseen una textura de posible recrystalización por lo que la edad más joven obtenida se puede asociar al evento magmático que la causó. Esta edad es similar a la encontrada por Lara *et al.* (2008) en circones de piroclastos pumíceos mediante el método U-Th-He que es de ca. 0,15 Ma. La edad que no considera los circones de la muestra CPIP12 es un poco mayor y es más cercana a la encontrada por Stern *et al.* (1984) de 0,45 ±0,06 Ma. Mediante el *software Isoplot* se obtuvo estadísticamente una edad mínima de 0,10417 +0,0091 -0,014 Ma para el total de los datos que conforman esta población. Se debe considerar que existen evidencias de que los tiempos de residencia de magmas asociados a la formación de calderas que dan origen a depósitos de grandes volúmenes (>100 km<sup>3</sup>) varía entre miles y cientos de miles de años (Costa, 2008), por lo que la erupción podría ser aún más reciente.

Se ha encontrado que en erupciones de grandes magnitudes las edades de los circones presentes en las muestras datadas son cercanas a las de la erupción, y que estos cristales se habrían generado durante el proceso eruptivo por razones que aún no son claras (Simon *et al.*, 2008). Según estos autores, la presencia de circones con edades más antiguas (del orden de miles a cientos de miles de años) con respecto a la edad de la erupción, correspondería a los circones que se encontraban en la cámara magmática antes de la erupción. Si bien la Ignimbrita Pudahuel no es una erupción de gran magnitud como en las que se observa este fenómeno (*Fish Canyon Tuff* de un volumen de 5000 km<sup>3</sup> aproximadamente), es factible que los circones con edades de 0,13 Ma encontrados pudieran haberse formado durante el evento que generó el proceso eruptivo y que se encuentren en menor cantidad debido a que no se trata de un evento tan grande; en consecuencia los circones con edades de 0,39 Ma corresponderían a cristales que se encontraban en la cámara magmática.

Si bien la datación con el método de U-Pb para edades muy jóvenes como en este caso, no es tan precisa debido a posibles pérdidas de plomo, las edades obtenidas son coherentes con las de otros trabajos de geocronología realizados en la Ignimbrita Pudahuel por lo que es recomendable realizar un trabajo de corrección de estas edades mediante alguno de los métodos actualmente utilizados para así considerarlas dentro de la discusión acerca de la edad de este depósito, que en primera instancia podría ser menor a la considerada actualmente.

Para dataciones de circones jóvenes se puede utilizar la corrección por desequilibrio inicial de U-Th (Schärer, 1984) que ocurre por un déficit en el  $^{206}\text{Pb}$  radiogénico debido a un déficit de  $^{230}\text{Th}$ . Este desequilibrio se puede definir según la siguiente fórmula:

$$f = \left( \frac{\left(\frac{\text{Th}}{\text{U}}\right)_{\text{zircon}}}{\left(\frac{\text{Th}}{\text{U}}\right)_{\text{magma}}} \right)$$

Y la corrección es hecha ajustando el plomo radiogénico ( $^{206}\text{Pb}^*$ ) según la siguiente fórmula:

$$^{206}\text{Pb}^* = ^{238}\text{U} \left[ (e^{\lambda_{238}T} - 1) + \frac{\lambda_{238}}{\lambda_{230}} (f - 1) \right]$$

En donde  $\lambda_{238}$  y  $\lambda_{230}$  son las constantes de desintegración de  $^{238}\text{U}$  y  $^{230}\text{Th}$  respectivamente.

Simon y colaboradores (2008) realizaron estas correcciones para un alto número de dataciones de circones de diferentes rocas extrusivas silíceas, obteniendo mayoritariamente edades entre 70 y 100 ka mayores. Según lo anterior es probable que los datos obtenidos en el presente trabajo contemplen una corrección cercana a esos valores lo que de todas formas confirma una edad menor que la considerada en la literatura para la Ignimbrita Pudahuel.

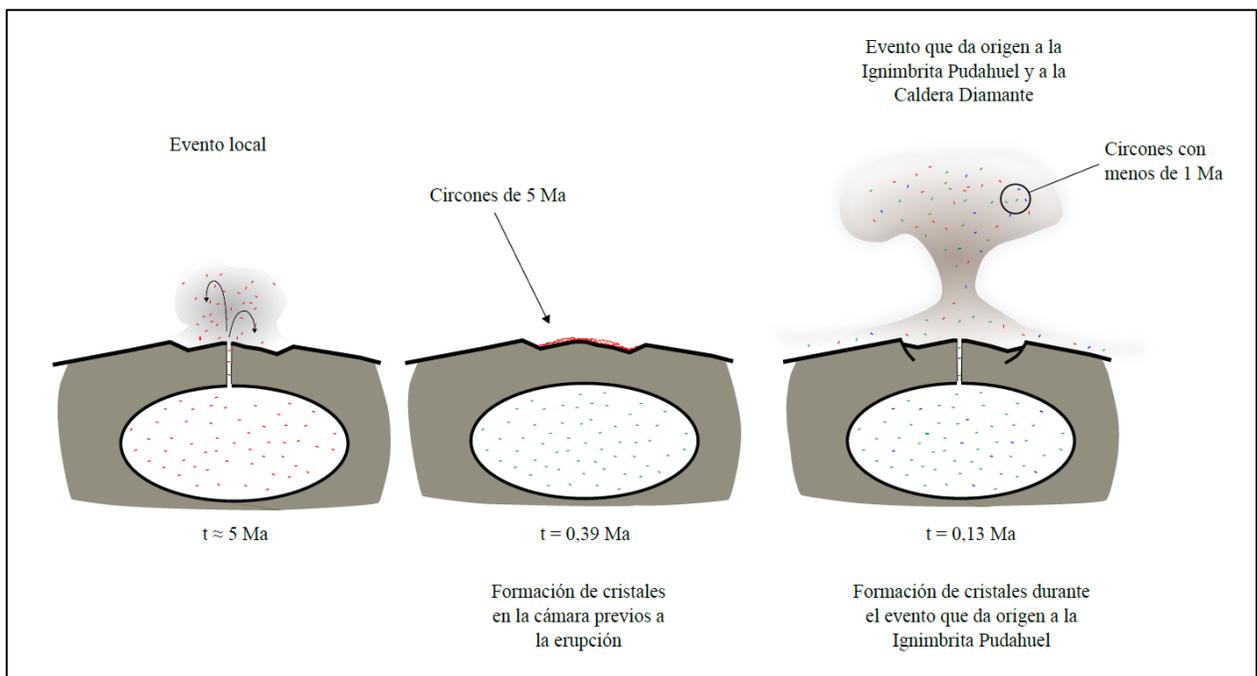
Las muestras que no presentan circones pertenecientes a esta población se encuentran distribuidas de manera aleatoria tanto en su distancia relativa a la fuente como en la facies a la que se asocian (ver capítulo 5.3.1. del presente trabajo). Lo anterior indica que aparentemente no existe un nexo entre estas muestras que permita explicar la ausencia de cristales con edades más jóvenes. Por lo tanto podría ser debido a errores estadísticos asociados a la selección de los cristales para el montaje y para la datación. Para el caso de la datación esto ocurre debido a la imposibilidad de datar algunos cristales por el alto contenido de inclusiones o por su reducido tamaño con respecto al diámetro del láser.

### 6.3.2. Poblaciones con edades cercanas a los 5 Ma.

La población con edades cercanas a los 5 Ma se observa en todas las muestras estudiadas y destaca debido al alto número de circones que la conforman. La estructuralidad de estos circones es, en general, alta y corresponden a circones subhedrales a euhedrales con hábitos bipiramidales-prismáticos y con presencia de zonación. Lo anterior permite inferir que no existió transporte de estos cristales y que por lo tanto su origen podría ser magmático. Cabe destacar que en los límites de la Caldera Diamante no se observan afloramientos de rocas que posean esta edad.

Los tiempos de residencia del magma dentro de una cámara magmática estimados para ignimbritas de altos volúmenes (sobre  $100 \text{ km}^3$ ) es de entre unos cuantos miles de años hasta unos cuantos cientos de miles de años (Costa, 2008). Estos valores sugieren como poco probable que los cristales con edades de aproximadamente 5 Ma se hayan formado a partir del mismo magma que dio origen al evento eruptivo de la Ignimbrita Pudahuel. Además, se debe considerar que las edades obtenidas son a partir de núcleos, zonas intermedias y bordes del cristal, lo que sugiere la ausencia de recrecimiento de circón con edades más jóvenes hacia los bordes.

Una posible explicación para la presencia de estos cristales en la Ignimbrita es que representen a un evento previo, de carácter más bien local debido a que no se observan afloramientos con esta edad en las inmediaciones del complejo volcánico Maipo, en donde el depósito que los contenía se encontraba sobre la zona en donde se formó la Caldera Diamante. Luego, en el momento de la erupción, los depósitos más antiguos se mezclarían con el material expulsado (ver Figura 99). Charrier *et al.* (2009) indican que en la zona del arco volcánico en la región comprendida entre los  $33^\circ$  y  $35^\circ\text{S}$  existen muy pocos restos volcánicos entre el Mioceno tardío y el Plioceno tardío (aproximadamente 9 a 4 Ma) y que el volcanismo andino joven comienza en el límite del Plioceno-Pleistoceno. Según lo anterior no es fácil determinar con certeza una posible fuente para los circones que se encuentran dentro de esta población.



**Figura 99: Modelo para poblaciones de circones encontradas en este estudio.**

### 6.3.3. Población de circones con edades cercanas a los 10 Ma.

El rango de edades de circones que conforman a esta población va desde aproximadamente los 9 Ma hasta a aproximadamente los 15 Ma, y es posible encontrar cristales con edades de este rango en todas las localidades estudiadas. Los cristales que pertenecen a esta población son de anhedrales a subhedrales y presentan sus bordes levemente redondeados. El diagrama *TuffZirc* de esta población indica que la edad más probable para el conjunto de datos corresponde a 10,17 Ma.

Su presencia en el depósito podría ser explicada de manera similar a la de los datos de edades cercanas a los 5 Ma. Debido a que los tiempos de residencia en cámaras magmáticas silíceas se presume no son tan altos (e.g. Costa, 2008) no es factible que estos circones se encontraran en el magma que dio origen a la Ignimbrita. Por otro lado, al igual que ocurre en los circones con edades cercanas a los 5 Ma, no se observan bordes de recrecimiento con edades menores a las de esta población. Lo anterior permite inferir que: (1) es probable que no se hayan encontrado en el mismo magma que albergó a los circones más jóvenes encontrados en este estudio ya que se esperaría que existiera un recrecimiento cuando la saturación de Zr en el magma fue tal que se formaron los cristales jóvenes; (2) es probable que, por las mismas razones, no se encontraran en el magma que dio origen a los circones con edades cercanas a los 5 Ma debido a que tampoco se observa recrecimiento con estas edades. Con respecto a lo anterior, es factible que se formen cristales en una zona de la cámara en donde la saturación de Zr lo permita y que en otra zona de la misma cámara no exista una saturación de Zr y por lo tanto los circones con edades más antiguas no formen un borde de recrecimiento, sin embargo, el anterior sería un escenario un tanto específico.

Cabe destacar que en las zonas aledañas a la Caldera Diamante sí existen formaciones de edad Miocena que pudieran estar asociadas a esta población; sin embargo, establecer dicha relación con certeza conlleva un trabajo de comparación geoquímica y geocronológica que involucre circones pertenecientes a esas formaciones y la posterior comparación con los de la población identificada en este trabajo.

A partir de los datos geocronológicos obtenidos se infieren diferentes procesos por los que pudo haber pasado el complejo volcánico Maipo-Caldera Diamante, cuya etapa previa a la del volcán Maipo finalizó con el evento explosivo que generó la Ignimbrita Pudahuel. Las edades U/Pb en circones obtenidas en este trabajo y que son más antiguas que 20 Ma probablemente corresponderían a xenocristales incorporados desde las paredes de la cámara que podrían pertenecer a las diferentes formaciones que colindan con la Caldera Diamante. Las poblaciones de 5 y 10 Ma que se identificaron podrían corresponder a eventos diferentes, previos al que dio origen a la Ignimbrita Pudahuel; mientras que la población con edades menores a 1 Ma sería la que debe asociarse al evento que dio origen a la Ignimbrita, siendo la edad más probable para el evento explosivo la registrada en circones con edades U/Pb cercanas a los 0,10 Ma y pudiéndose establecer tiempos de residencia del magma de aproximadamente 300 ka evidenciados por la abundancia de cristales con edades cercanas a los 0,40 Ma.

## 7. Conclusiones

El estudio petrológico y geocronológico (U/Pb en circones) desarrollado en esta tesis permite inferir conclusiones respecto a los procesos petrogenéticos involucrados en la formación de la Ignimbrita Pudahuel así como también sobre la geocronología de los diferentes eventos que pudieron haber estado relacionados con su génesis. En este sentido las plagioclasas encontradas en los depósitos de la Ignimbrita Pudahuel indican que se formaron en un magma diferenciado. Debido a que muchas de ellas corresponden a fragmentos, no es posible definir con claridad los procesos petrogenéticos asociados a su magma de origen. La zonación presente en una de las familias identificadas es evidencia de que hubo una leve variación composicional en el magma que las albergó, sin embargo no es posible relacionarlas claramente con la familia de plagioclasas homogéneas y dilucidar una probable interacción entre ellas en la cámara magmática.

La principal textura encontrada en los circones estudiados corresponde a la de zonación, que es evidencia de variaciones en asimilación de elementos traza tales como las tierras raras en la estructura del circón. Esto puede ocurrir debido a variaciones de las concentraciones de, principalmente, REE en el fundido en el que se está formando el circón, variaciones en las tasas de difusión de estos elementos o a cambios en la tasa de crecimiento del cristal que dependerá de la saturación de Zr en el magma.

Dentro de las edades obtenidas de dataciones con el método U/Pb en 395 circones analizados, se observa un gran número de datos con edades sobre los 20 Ma que no tienen relación entre sí. Esto, y la morfología presentada por los circones que conforman a este grupo, permite inferir que corresponden a xenocristales.

Por otro lado, es posible destacar tres poblaciones de datos muy marcadas y bien registradas: una con edades cercanas a los 10 Ma, otra con edades cercanas a los 5 Ma y una tercera con edades menores a 1 Ma.

Los circones con edades cercanas a los 10 Ma ( $10,17 \pm 0,08 - 0,22$  Ma) corresponderían a un evento diferente al que originó la Ignimbrita Pudahuel, y su presencia en los depósitos podría ser explicada de manera similar a la de la población de edades cercanas a los 5 Ma. Los circones con edades cercanas a los 5 Ma (edad más probable de  $5,22 \pm 0,06 - 0,03$  Ma) presentan una morfología e integridad que indican que su fuente de origen es probablemente magmática. Los datos geocronológicos obtenidos corresponden a puntos tanto del centro del cristal como del borde por lo que no existe evidencia de un recrecimiento posterior a esta fecha. A partir de lo anterior se plantea que corresponden a un evento diferente del que originó a la Ignimbrita Pudahuel. Debido a que esta población se encuentra presente en la gran mayoría de las muestras se piensa que su fuente de origen se encuentra en el área en donde se ubica actualmente la Caldera Diamante y que los circones se incorporaron a la corriente piroclástica en el momento de la erupción que dio origen a la Ignimbrita Pudahuel. Se trataría de un evento local ya que no existen afloramientos con edades cercanas al límite Mioceno-Plioceno en la zona.

Finalmente, los circones con edades menores a 1 Ma también presentan características morfológicas que permiten indicar que su fuente es de origen magmática. Los datos obtenidos indican que la edad más probable de esta población es  $0,13 \pm 0,03 - 0,02$  Ma, sin embargo este

número representa principalmente a las edades de una muestra en particular (CPIP12). La edad obtenida más probable, sin considerar esta muestra, sería de  $0,39 \pm 0,03 - 0,06$  Ma.

La morfología de los circones de la muestra CPIP12 indica un posible proceso de recristalización en donde habría existido pérdida de plomo y un reseteo del sistema por lo que la edad de ca. 0,13 Ma correspondería a la de dicho evento. Se propone que probablemente las edades de 0,13 Ma representarían el evento eruptivo en que se originó la Ignimbrita Pudahuel, mientras que las de 0,39 Ma representan las de circones que se encontraban en la cámara magmática antes de la erupción, y que por lo tanto el tiempo de residencia del magma silíceo que originó este depósito es cercano a los 300 ka.

Las dos edades encontradas en la población de circones menores a 1 Ma, es decir, la de ca. 0,13 Ma y la de ca. 0,39 Ma, son similares a las obtenidas en trabajos geocronológicos anteriores de la Ignimbrita (Lara *et al.*, 2008 y Stern *et al.*, 1984).

Los datos obtenidos en este trabajo indican que los circones más jóvenes de la Ignimbrita Pudahuel poseen una edad mucho menor de la que se considera actualmente en la literatura. Debido a la controversia que existe en torno a la edad de generación de la Ignimbrita Pudahuel, y en general a los tiempos de residencia de magmas asociados a la formación de calderas, es de gran importancia realizar dichas correcciones para validar estos datos e integrarlos a este debate.

## 8. Bibliografía

- Baldauf, P., Stephens, G., Kunk, M., Nullo, F. 1992. Argon- Argon ages for the Huincan intrusive suite and their implications for the structural development of the Andean Foreland, southern Mendoza Province, Argentina. Abstract with Programs. Geological Society of America, 24: A 128. Denver.
- Branney, M. J., Kokelaar, B. P. 2002. Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites. Geological Society Memoir N° 27.
- Carey, S. N., Sigurdsson, H., Mandeville, C., Bronto, S. 1996. Pyroclastic flows and surges over water: an example from the 1883 Krakatau eruption. Bull. Volcanol., 57, 493-511.
- Cas, R. A., Wright, J. V. 1987. Volcanic Successions - Modern and Ancient. Allen and Unwin, London.
- Cashman, K. V., Giordano, G. 2014. Review, Calderas and magma reservoirs. Journal of Volcanology and Geothermal Research 288, 28-45.
- Cesbron, F., Ohnenstetter, D., Blanc, Ph., Rouer, O., Sichere, M. C. 1993. Incorporation de terres rares dans des zircons de sythese: etude par cathodoluminescence. C R Acad Sci Paris 316(II): 1231- 1238.
- Charrier, R., Baeza, O., Elgueta, S., Flynn, J.J., Gans, P., Kay, S.M., Muñoz, N., Wyss, A.R., Zurita, E. 2002. Evidence for Cenozoic 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 Sciences 15: 117-139.
- Charrier, R., Farías, M., Makshev, V. 2009. Evolución tectónica, paleogeográfica y metalogénica durante el cenozoico en los Andes de Chile norte y central e implicaciones para las regiones adyacentes de Bolivia y Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 65(1): 5-35.
- Combina, A., Nullo F., Stephens G., Baldauf, P. 1994. Paleoambientes de la Formación Agua de la Piedra, Mendoza, Argentina. VII Congreso Geológico Chileno, Actas I: 418-424. Concepción.
- Combina, A., Nullo, F., Baldauf, P., Stephens, G. 1997. Ubicación estratigráfica de la Formación Agua de la Piedra, Cuchilla de la Tristeza, Cordillera Principal, Mendoza, Argentina. VIII Congreso Geológico Chileno. Actas I, sesión temática, 3: 460-464. Antofagasta.
- Corfu, F., Ayres, L. D. 1984. U-Pb ages and genetic significance of heterogeneous zircon populations in rocks from the Favourable Lake area, northwestern Ontario. Contrib. Mineral Petrol. 88: 86-101.
- Corfu, F., Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O., Kinny, P. 2003. Atlas of zircon textures. En Zircon, Reviews in Mineralogy & Geochemistry vol 53. Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O. (Eds), pp: 468-500.

Costa, F. 2008. Residence Times of Silicic Magmas Associated with Calderas. En: Caldera Volcanism: Analysis, Modelling and Response, pp 1-56.

Davidson, J., Vicente, J. C. 1973. Características paleogeográficas y estructurales del área fronteriza de las nacientes del Teno (Chile) y Santa Elena (Argentina) (Cordillera Principal, 35° a 35°15' latitud sur). V Congreso Geológico Argentino, Actas 5:11-55. Buenos Aires.

Davidson, J. 1988. El Jurásico y Cretácico inferior en las nacientes del río Teno (Chile): una revisión. V Congreso Geológico Chileno, I: 453-458. Santiago.

DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F., Stein, S. 1990. Current plate motions. *Geophysical Journal International*, 101, 425-478.

Dempster, A. J. 1918. A new method of positive ray analysis. *Phys. Rev.*, 11: 316-325.

Dewey, J. F., Lamb, S. H. 1992. Active tectonics of the Andes. *Tectonophysics*, 205, 79-95.

Dobran, F., Neri, A., Macedonio, G. 1993. Numerical simulation of collapsing volcanic columns. *Journal of Geophysical Research*, B98, 4231-4259.

Druitt, T.H. 1992. Emplacement of the 18 May 1980 lateral blast deposits east-northeast of Mount St Helens, Washington. *Bull. Volcanol.*, 54, 554-572.

Faure, G., Mensing, T. 2004. *Isotopes: Principles and Applications*, 3th ed, pp: 55-72, 214-235.

Finch, R. J., Hanchar, J. M. 2003. Structure and Chemistry of Zircon and Zircon- Group Minerals. En *Zircon, Reviews in Mineralogy & Geochemistry* vol 53. Hanchar, J. M, Hoskin, P. W. O. (Eds), pp: 1-25.

Fisher, R. V. 1990. Transport and deposition of a pyroclastic surge across an area of high relief – the 18 May 1980 eruption of Mount St Helens, Washington, *GSA Bull.*, 102, 1038- 1054.

Freundt, A., Wilson, C. J. N., Carey, S. 2000. Ignimbrites and Block-And-Ash Flow Deposits. In Houghton, B. F., McNutt, S., Rymer, H., Stix, J., (eds), *Encyclopedia of volcanoes*, pp 581-599. Academic Press, San Diego.

Gana, P., Wall, R., Gutiérrez, A. 1996. Geología del área Valparaíso-Curacaví: Regiones de Valparaíso y Metropolitana, Mapa Geológico N°1. Technical report, mapa escala 1:100.000. SERNAGEOMIN.

Godoy, E., Schilling, M., Solari, M., Fock, A. 2009. Geología del área Rancagua - San Vicente de Tagua Tagua. Carta Geológica de Chile N° 118. Technical report, mapa escala 1:100.000. SERNAGEOMIN.

Goldstein J. I., Newbury P., Echilin P., Joy D.C., Fiori C., Lifshin, E. 1981. *Scanning Electron Microscopy and X- ray Microanalysis*. Plenum Press, New York.

González- Ferrán, O. 1995. *Volcanes de Chile*. Instituto Geográfico Militar, Santiago.

Götze, J., Kempe, U., Habermann, D., Nasdala, L., Neuser, R. D., Richter, D. K. 1999. High-resolution cathodo-luminescence combined with SHRIMP ion probe measurements of detrital zircons. *Mineral Mag* 63: 179-187.

Groeber, P., 1947. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70.2. Hojas Sosneao y Maipo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, Serie C, Reimpresiones*, 1: 1-174 (1980). Buenos Aires.

Guerstein, P.G.1993. Origen y significado geológico de la Asociación Piroclástica Pumícea. Pleistoceno de la Provincia de Mendoza entre los 33° 30'y 34° 40'L.S. Tesis para optar al título de doctor en ciencias naturales, mención geología. Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Gurioli, L., Cioni, R., Sbrana, A., Zanella, E., 2002. Transport and deposition of pyroclastic density currents over an inhabited area: the deposits of the AD 79 eruption of Vesuvius at Herculaneum, Italy, *Sedimentology*, 49, 1-26.

Hanchar, J. M., Miller, C. F. 1993. Zircon zonation patterns as revealed by cathodoluminescence and backscattered electron images: implications for interpretation of complex crustal histories. *Chem Geol* 110: 1-13.

Hanchar, J. M., Rudnick, R. L. 1995. Revealing hidden structures: The application of cathodoluminescence and back-scattered electron imaging to dating zircons from lower crustal xenoliths. *Lithos* 36: 289-303.

Herrero Ducloux, A., Yrigoyen, M. 1952. Observaciones geológicas en la zona del cerro Papal, provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 7 (2): 81-105. Buenos Aires.

Hoskin, P. W. O., Schaltegger, U. 2003. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. En *Zircon, Reviews in Mineralogy & Geochemistry* vol 53. Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O. (Eds), pp: 1-25.

Hynek, S. A., Marchetti, D. W., Fernández, D. P. Cerling, T. E. 2010. Composition, pre- eruptive zonation and geochronologic significance of the ~450 ka Diamante Tuff, Andean Cordillera (34°S), Argentina. *Quaternary Geochronology* 5, pp 591-601.

Ireland, T. R., Williams, I. S. 2003. Considerations in zircon geochronology by SIMS. En *Zircon, Reviews in Mineralogy & Geochemistry* vol 53. Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O. (Eds), pp: 215-241.

Jarrard, R. D. 1986. Relations among subduction parameters. *Reviews of Geophysics*, 24, 217–284.

Kempe, U., Gruner, T., Nasdala, L., Wolf, D. 2000. Relevance of cathodoluminescence for the interpretation of U-Pb zircon ages, with an example of an application to a study of zircons from the Saxonian Granulite Complex, Germany. En *Cathodoluminescence in Geosciences*. Pagel, M., Barbin, V., Blanc, P., Ohnenstetter, D. (Eds) Springer- Verlag, Berlin- Heidelberg, p 415-455.

Kozłowski, E., Baldi, J. 1983. Estratigrafía, estructura y posibilidades petroleras de la zona del río Diamante-río Atuel. YPF, informe inédito. Buenos Aires.

Kozłowski, E. 1984. Interpretación estructural de la Cuchilla de la Tristeza, provincia de Mendoza. IX Congreso Geológico Argentino, Actas III: 381-395. Buenos Aires.

Krasnobayev, A., Votyakov, S., Krohalev, V. 1988. Spectroscopy of zircons (properties and geological application). Nauka, Moscow (en Ruso).

Lagos, J. M. 2003. Ignimbrita Pudahuel: Caracterización geológica-geotécnica orientada a su respuesta sísmica. Memoria para optar al título de geólogo. Universidad de Chile, Santiago.

Lange, R. A., Frey, H. M., Hector, J. 2009. A thermodynamic model for the plagioclase- liquid hygrometer/thermometer. American Mineralogist, volume 94, pp 494-506.

Lara, L. E., Wall, R., Stockli, D. 2008. La ignimbrita Pudahuel (Asociación Piroclástica Pumícea) y la Caldera Diamante (33°S): Nuevas edades U-Th-He. En XVII Congreso Geológico Argentino, Jujuy. Actas.

Leanza, H.A., Hugo, C. A. 1978. Sucesión de amonites y edad de la Formación Vaca Muerta y sincrónicas entre los paralelos 39° y 40° latitud sur, Cuenca Neuquina- Mendocina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 32(4): 248-264. Buenos Aires.

Legarreta, L., Kozłowski E., Boll A. 1981. Esquema estratigráfico y distribución de facies del Grupo Mendoza en el ámbito surmendocino de la Cuenca Neuquina. VIII Congreso Geológico Argentino. Actas III: 389-409. Buenos Aires.

Legarreta, L., Gulisano C. A., Uliana M. 1993. Las secuencias sedimentarias jurásico-cretácicas. En: Ramos, V.A. (Ed), Geología y Recursos Naturales de Mendoza. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso Exploración de Hidrocarburos, Relatorio: 87-114. Mendoza.

Longerich, H. 2008. Laser ablation- inductively coupled plasma- mass spectrometry (LA-ICP-MS); an introduction. En Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Current Practices and Outstanding Issues. Sylvester, P. (Ed). Mineralogical Association of Canada, pp 1-16.

López- Escobar, L., Moreno, H., Tagiri, M., Notsy, K., Onuma, N. 1985. Geochemistry of lavas from San José volcano, southern Andes (33°45pS). Geochemical Journal, 19, 209-222.

Ludwig, K. R., Mundil, R. 2002. Extracting reliable U-Pb ages and errors from complex populations of zircons from Phanerozoic tuffs: Geochimica et Cosmochimica. Acta, v. 66, p. 463.

Ludwig, K. R. 2012. User's Manual for Isoplot 3.75. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication No. 5.

Manceda, R., Figueroa, D. 1995. Inversion of the Mesozoic Neuquen rift in the Malargüe fold and thrust belt, Mendoza, Argentina. En: Tankard, A. J., Suárez R., Welsink H. J. (Eds), Petroleum Basins of South America. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 369-382. Tulsa.

- Marshall, D. J. 1988. Cathodoluminescence of Geological Materials. Unwin Hyman, Boston.
- McPhie J., Doyle, M., Allen, R. 1993. Volcanic Textures: A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks, pp 21-31, 94-122.
- Nasadala, L. 2002. Raman mapping- a tool for revealing internal structures of minerals. Acta Universitatis Carolinae, Geologica 46: 61-62.
- Nasadala, L., Zhang, M., Kempe, U., Panczer, G., Gaft, M., Andrut, M., Plötze, M. 2003. Spectroscopic methods applied to zircon. En Zircon, Reviews in Mineralogy & Geochemistry vol 53. Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O. (Eds), pp: 427-467
- Nesse, W. D. 2004 Introduction to Optical Mineralogy, tercera edición, pp: 348.
- Nier, A. O. 1940. A mass spectrometer for routine isotope abundance measurements. Rev. Sci. Instrum., 11: 212-216.
- Nullo, F., Stephens, G., Otamendi, J. 1997. Evolución geoquímica del Arco Volcánico Neógeno en el sur de Mendoza, Argentina. VIII Congreso Geológico Chileno. Actas II: 1404-1408. Antofagasta.
- Ohnenstetter, D., Cesbron, F., Remond, G., Caruba, R., Claude, J.M. 1991. Émissions de cathodoluminescence de deux populations de zircons naturels: tentative d'interpretation. C R Acad. Sci. Paris, 313:641-647.
- Pérez, D. J. , Álvarez G., Concheyro G., Ramos V. 1997. La Formación Papal: depósito sinorogénico de la cuenca de antepaís de Tunuyán, Mendoza, Argentina. VIII Congreso Geológico Chileno. Actas I: 568-572. Antofagasta.
- Pidgeon, R. T. 1992. Recrystallization of oscillatory zoned zircon: some geochronological and petrological implications. Contrib Mineral Petrol 110: 463-472.
- Polanski, J. 1962. Estratigrafía neotectónica y geomorfología del Pleistoceno pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 27(3-4): 127-149
- Polanski, J. 1963. Estratigrafía, Neotectónica y Geomorfología del Pleistoceno pedemontano de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 17 (3- 4): 181- 199. Buenos Aires.
- Polanski, J. 1964. Descripción geológica de la Hoja 25<sup>a</sup>, Volcán San José. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 98: 1-94. Buenos Aires.
- Polanski, J. 1972. Descripción geológica de la hoja 24a-b, Cerro Tupungato, provincia de Mendoza. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 128: 1-110. Buenos Aires.
- Ramos, V. A., Aguirre-Urreta M. B., Álvarez P. P., Bühler M., Giambiaggi L., Pérez D. J., Raggio F., Tunik M., Vujovich, G. 1999. Hoja geológica 3369- III. Cerro Tupungato, provincia de Mendoza. Escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino. Inédito. Buenos Aires.

Remond, G., Cesbron, F., Chapoulie, R., Ohnenstetter, D., Roques-Carmes, C., Schvoerer, M. 1992. Cathodoluminescence applied to the microcharacterization of mineral materials: a present status in experimentation and interpretation. *Scanning Microscop Intl* 6: 23- 68.

Remond, G., Phillips, M. R., Roques-Carmes, C. 2000. Importance of instrumental and experimental factors on the interpretation of cathodoluminescence data from wide band gap materials. En *Cathodoluminescence in Geosciences*. Pagel, M., Barnim, V., Blanc, P., Ohnenstetter, D. (Eds) Springer, Berlin- Heidelberg, p 59-126.

Riccardi, A. C., Damborenea S. E., Manceñido, M. O. 1993. Invertebrados mesozoicos. En: Ramos, V.A. (Ed.), *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 2(12): 329-340. Mendoza.

Schärer, U. 1984. The effect of initial  $^{230}\text{Th}$  disequilibrium on young U-Pb ages: the Makalu case, Himalaya. *Earth and Planetary Science Letters*, 67, pp: 191-204.

Scheuber, E., Bogdanic, T., Jensen, A., Reutter, K. J. 1994. Tectonic development of the North Chilean Andes in relation to plate convergence and magmatism since the Jurassic. En Reutter, K. J., Scheuber, E., Wigger, P. (eds), *Tectonics of the Southern Central Andes. Structure and Evolution of an Active Continental Margin*. Springer, Heidelberg, 121–140.

Sellés, D., Gana, P. 2001. *Geología del área Talagante-San Francisco de Mostazal: regiones Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins*. Carta Geológica de Chile N°74. Technical report, mapa escala 1:100.000.SERNAGEOMIN.

Simkin, T., Siebert, L. 1994. *Volcanoes of the World*. Geoscience Press, Smithsonian Institute, Tucson, Arizona.

Simon, J. I., Renne, P. R., Mundil, R. 2008. Implications of pre-eruptive magmatic histories of zircons for U-Pb geochronology of silicic extrusions. *Earth and Planetary Science Letters* 266, pp: 182-194.

Sparks, R. S. J., Walker, G. P. L. 1973 The ground surge deposit: a third type of pyroclastic rock. *Nature* 241: 62-64.

Sparks, R. S. J. 1997. Causes and consequences of pressurisation in lava dome eruptions. *Earth and Planetary Science Letters*, 150, 177-189.

Spera, F. J. 1999. Physical Properties of Magma. En: *Encyclopedia of Volcanoes*. Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S. R., Rymer, H., Stix, J. (Eds) pp: 171-190.

Sruoga, P., Etcheverría, M., Folguera, A., Sepúlveda, E. 1998a. El magmatismo hipabisal mioceno en la Cordillera Principal de Mendoza, Argentina (34°- 35°S). X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica. Actas I: 59-64. Buenos Aires.

Sruoga, P., Fauqué, L., Llambías, E. 1998b. ¿Es el Volcán Maipo (34° 10'S, 62° 52'O) un centro activo? X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica, Actas I: 131-136. Buenos Aires.

Sruoga, P., Etcheverría, M. P., Folguera, A., Repol, D. y Cortés, J.M. 2005a. Hoja Geológica 3569-I, Volcán Maipo, provincia de Mendoza. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Technical report, mapa escala 1: 250.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 290, Buenos Aires.

Sruoga, P., Llambias, E., Fauque, L., Schonwandt, D., Repol, D. 2005b. Volcanological and geochemical evolution of the Diamante Caldera-Maipo volcano complex in the southern Andes of Argentina (34° 10'S). *Journal of South American Earth Sciences*, 19(4):399–414.

Stern, C. R., Amini, H., Charrier, R., Godoy, E., Hervé, F., Varela, J. 1984a. Petrochemistry and age of rhyolitic pyroclastic flows which occur along the drainage valleys of the Rio Maipo and Rio Cachapoal (Chile) and the Rio Yaucha and Rio Papagayos (Argentina). *Revista Geológica de Chile*, (23):39–52.

Stern, C. R., Futa, K., Muehlenbachs, K. 1984b. Sr, Nd, Pb and O isotope composition of Late Cenozoic volcanics, northernmost SVZ (33-34°S). En *Andean Magmatism: Chemical and Isotopic Constraints*. Harmon, R. S., Barreiro, B. A (Eds), Shiva Press, pp 96-106. London, England.

Stern, C.R., Moreno, H., López-Escobar, L., Clavero, J.E., Lara, L.E., Naranjo, J.A., Parada, M.A., Skewes, M.A. 2007. Chilean volcanoes, *The geology of Chile*, pp 147-178.

Sulpizio, E., Pierfrancesco, D. Sedimentology, Depositional Mechanism and Pulsating Behaviour of Pyroclastic Density Currents. En: *Caldera Volcanism: Analysis, Modelling and Response*, pp 57-96.

Thorpe, R. S, Francis, P. W. 1979. Variations in Andean andesite compositions and their petrogenetic significance. *Tectonophysics*. Vol. 57, p. 53-70.

Tickyj, H., Fernández, M.A., Chemale, Jr F., Cingolani, C. 2009. Granodiorita Pampa de los Avestruces, Cordillera Frontal, Mendoza: un intrusivo sintectónico de edad devónica inferior. 14° Reunión de Tectónica. Libro de resúmenes: 27, Río Cuarto.

Troncoso, C. 2012. Estudio estratigráfico y de volcanología física de la ignimbrita Pudahuel. Memoria para optar al título de geólogo. Universidad de Chile, Santiago. 84 pp.

Volkheimer, W. 1978. Descripción Geológica de la Hoja 27b, Cerro Sosneado. Servicio Geológico Nacional. Boletín 151:1-80. Buenos Aires.

Votyakov, S. L., Krasnobayev, A. A., Krokhaliev, V. Y., Korzhinskaya, V. S. 1986. Spectroscopic-luminescent properties of zircon orthosilicate grown by the hydrothermal method. *Neorganicheskie materialy* 22: 281-286 (en Ruso).

Vroon, P. Z., van der Wagt, B., Koornneef, J. M., Davies, G. R. 2007. Problems in obtaining precise and accurate Sr isotope analysis from geological materials using laser ablation MC-ICPMS. *Anal Bioanal Chem* (2008) 390; pp 465-476.

Wall, R., Gana, P., Gutiérrez, A. 1996. Mapa Geológico del área de San Antonio-Melipilla. Mapa Geológico N°2. Technical report, mapa escala: 1:100.000. SERNAGEOMIN.

Wall, R., Sellés, D., Gana, P. 1999. Área Tilttil-Santiago, Región Metropolitana. Mapa Geológico N°11. Technical report, mapa escala 1:100.000. SERNAGEOMIN.

Wall, R., Lara, L. E., Pérez de Arce, C. 2001. Upper Pliocene-Lower Pleistocene  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages of Pudahuel Ignimbrite (Diamante-Maipo Volcanic complex), Central Chile (33.5° S). En Simposio Sudamericano de Geología Isotópica, Pucón, Chile.

Wetherill, G. W. 1966. Radioactive decay constants and energies. En Clarke, S. E. (Ed.), *Handbook of Physical Constants*, Geol. Soc. Ame. Mem. 97, pp: 514-519. Geological Society of America, Boulder, Colorado. D. C.

Yang, B., Luff, B. J., Townsed, P. D. 1992. Cathodoluminescence of natural zircons. *J Phys: Condens Matter* 4: 5617- 5624.

Yrigoyen, M. R. 1979. Cordillera Principal. En: Turner, J.C.M. (Ed), *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, I: 651- 694. Córdoba.

Yrigoyen, M. R. 1993. Los depósitos sinorogénicos terciarios. En: Ramos, V. A. (Ed), *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 1 (11): 123- 148. Mendoza.

## **Anexo A**

Datos de toma de muestra

La tabla 1 presenta las ubicaciones de las muestras sacadas. Todos los puntos fueron tomados en el datum WGS84.

**Tabla 27: Ubicación de las muestras tomadas.**

Muestra	UTM N	UTM E	Muestra	UTM N	UTM E
CPIP01	6298062	334890	CPIP07	6254493	283354
CPIP02	6298556	329753	CPIP08	6256983	286547
CPIP03	6281643	340371	CPIP09	6272189	374818
CPIP04	6285121	295102	CPIP10	6215014	349026
CPIP05	6260236	291294	CPIP11	6214919	356011
CPIP06	6219178	280580	CPIP12	6232636	354917

A continuación se presenta una breve descripción de cada afloramiento:

Parada 1. San Pablo esquina Vespucio. Se observa un afloramiento de color marrón grisáceo, claro, de unos 2 m de alto. Presenta una leve estratificación que pareciera seguir la topografía. El depósito se encuentra muy poco consolidado y posee zonas con mayor cantidad de líticos. Líticos parecen ser de diferentes composiciones (algunos claramente andesíticos, mientras que otros poseen textura afanítica), se encuentran semi-redondeados. La matriz es de ceniza de tamaño ceniza fina. Se observan líticos de hasta poco más de 20 cm de diámetro. Presencia de pómez. Además se observan capas de ceniza en la zona media alta.



**Figura 100: Afloramiento parada 1 (CPIP01).**

Parada 2. Corte junto a ruta 68, por el lado sur. El afloramiento es de color blanquecino de unos 4 m de alto. Es matriz-soportado (igual que en la parada 1). Presenta niveles con mayor contenido

de líticos, los que son de mayor tamaño que en el resto del afloramiento alcanzando diámetros de hasta 8 cm aproximadamente. La matriz es tamaño ceniza fina con líticos de pequeño tamaño (en general menores a 3 cm), son poli-composicionales. Acá se observó un acuñamiento de la Ignimbrita. Presencia de pómez. Existe una gradación normal de los líticos.



**Figura 101: Afloramiento parada 2 (CPIP02).**

Parada 3. Cerro Chena. Afloramiento grisáceo claro, de aproximadamente 2 m de alto. Posee líticos de hasta aproximadamente 3 cm de diámetro, poli-composicionales, en una matriz de ceniza fina, es matriz-sostenido. Presencia de pómez.



**Figura 102: Afloramiento parada 3 (CPIP03).**

Parada 4. Bollenar. Corte en la parte oeste del camino (pasando la bifurcación). Es de color marrón claro de aproximadamente 2 m de espesor. Matriz-soportado, con clastos poli-composicionales de hasta 10 cm de diámetro. Se encuentra un poco más compactada que en otras zonas. Presencia de pómez.



**Figura 103: Afloramiento parada 4 (CPIP04).**

Parada 5. Corte junto al camino, ladera SE. Afloramiento de aproximadamente 4 m de alto, de color marrón claro. Matriz-soportado, con alto porcentaje de líticos poli-composicionales de aproximadamente 1 cm de diámetro en promedio. Se observan niveles con mayor contenido de líticos. Presenta pómez. Se encuentra poco consolidado.



**Figura 104: Afloramiento parada 5 (CPIP05).**

Parada 6. Afloramiento junto al camino en Rapel, al lado E del camino, justo al norte del lago. Es de aproximadamente 8 m de alto. Matriz-soportado, con pómez mayoritariamente menores a 1 cm. Se ve más bien uniforme.



**Figura 105: Afloramiento parada 6 (CPIP06).**

Parada 7. Afloramiento en corte junto al camino, al lado este. Posee aproximadamente 2,5 m de alto, de color marrón claro. Matriz-soportado, con líticos poli-composicionales y con pómez de VII

aproximadamente 3 cm de diámetro en promedio. Los líticos son menores a 0.3 mm de diámetro (en general de 0,1 mm de aproximadamente).



**Figura 106: Afloramiento parada 7 (CPIP07).**

Parada 8. Corte junto al camino, ladera este. Color marrón claro, de aproximadamente 2 m de espesor. Matriz-soportado, con líticos poli-composicionales de hasta 7 cm de diámetro. Presencia de pómez.



**Figura 107: Afloramiento parada 8 (CPIP08).**

Parada 9. Corte en el camino dentro de un recinto privado. De aproximadamente 5 m de alto, de color marrón muy claro. Presenta zonas con mayor cantidad de líticos (en donde son de mayor tamaño). Presenta líticos poli-composicionales desde aproximadamente 15 cm de diámetro hasta menores a 0,5 mm. Pómez de color blanco. Matriz-sostenido, la matriz es tamaño ceniza. Presenta chimeneas de desgasificación.



**Figura 108: Afloramiento parada 9 (CPIP09).**

Parada 10. Corte al lado sur del camino de unos 11 m de alto. Se observan dos zonas una inferior blanquecina y una superior rosácea, se encuentran en contacto concordante. Es muy deleznable, es como tamaño arcilla (diámetro  $< 0,1\text{mm}$ ) con líticos poli-composicionales muy pequeños de menos de 0,1 cm aunque algunos tienen hasta 1,5 cm. Posee abundante pómez (la mayoría de aproximadamente 0,5 cm, aunque hay un alto porcentaje con tamaños menores a ese), hay de hasta aproximadamente 8 cm.



**Figura 109: Afloramiento parada 10 (CPIP010).**

Parada 11. Sacado al este de un camino, justo afuera del acceso a Teniente. Es de color blanquecino, de aproximadamente 8 m de espesor. Es un poco menos deleznable que la muestra anterior (puede ser por la mayor cantidad de humedad), también es de tamaño arcilla con pómez y líticos poli-composicionales. Líticos son menores a 0,01 cm. Se observan pómez de aproximadamente 1,5 cm máximo y en promedio 0,1 cm, poseen vesículas alargadas. Hay niveles con mayor cantidad de líticos (de aproximadamente 1,5 cm con algunos de hasta 7 cm). Hacia abajo aumenta la cantidad y el tamaño de los clastos, hay mayor porcentaje de pómez con tamaños promedio de 1,5 cm y de hasta 6 cm y más líticos con tamaños un poco más grande en promedio (0,5 cm aproximadamente).



**Figura 110: Afloramiento parada 11 (CPIP011).**

Parada 12. Hotel La Leonera. La zona se encuentra con una capa de vegetación. Posee un color marrón oscuro, probablemente debido a la humedad. Es deleznable. Tamaño arcilla con pómez y líticos. Los líticos son menores a 0,02 cm y las pómez observadas son de hasta 3 cm de diámetro. El afloramiento posee aproximadamente 5 m de espesor, aunque es difícil realizar una buena estimación debido a la densa vegetación presente.



Figura 111: Afloramiento parada 12 (CPIP012).

## **Anexo B**

Química de plagioclasas

A continuación se presentan los datos obtenidos mediante SEM de algunos de los fenocristales de plagioclasa encontrados en las diferentes muestras.

**Tabla 28: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP01, entregados en % atómico.**

Punto de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	%An
Plg1#1	64,92	4,67	8,55	20,18	0,00	1,68	100,00	26,46
Plg1#2	65,10	5,66	7,48	20,70	0,00	1,07	100,00	15,93
Plg1#3	65,92	5,05	7,49	20,32	0,00	1,22	100,00	19,49
Plg1#4	65,52	5,22	7,44	20,54	0,00	1,29	100,00	19,76
Plg1#5	65,45	5,67	7,81	19,91	0,00	1,16	100,00	16,97
Plg1#6	65,43	4,97	7,94	20,56	0,00	1,10	100,00	18,14
Plg2#1	59,47	6,06	9,56	23,64	0,00	1,27	100,00	17,29
Plg2#2	63,00	5,87	8,13	21,94	0,00	1,06	100,00	15,28
Plg2#3	63,68	5,43	8,50	21,46	0,00	0,93	100,00	14,68
Plg2#4	64,21	5,68	8,17	21,11	0,00	0,83	100,00	12,76
Plg2#5	65,59	4,76	7,11	21,06	0,00	1,48	100,00	23,69
Plg3#1	64,11	5,39	8,29	20,93	0,00	1,28	100,00	19,13
Plg3#2	64,03	4,20	9,30	20,16	0,00	2,31	100,00	35,46
Plg3#3	64,82	4,10	9,18	19,81	0,00	2,09	100,00	33,71
Plg3#4	63,96	4,29	9,32	20,14	0,00	2,29	100,00	34,74
Plg3#5	64,14	4,89	9,42	19,40	0,00	2,17	100,00	30,72
Plg3#6	65,09	5,63	7,51	20,84	0,00	0,93	100,00	14,12
Plg4#1	66,99	5,39	7,41	19,20	0,00	1,01	100,00	15,79
Plg4#2	67,99	4,90	7,31	18,30	0,00	1,51	100,00	23,51
Plg4#3	66,32	4,94	8,15	19,04	0,00	1,55	100,00	23,84
Plg4#4	64,56	5,17	8,51	20,19	0,00	1,58	100,00	23,36
Plg4#5	65,01	4,74	8,20	20,19	0,00	1,85	100,00	28,08
Plg4#6	65,90	4,64	8,66	19,04	0,00	1,77	100,00	27,59
Plg4#7	66,27	4,54	8,45	18,95	0,00	1,79	100,00	28,31
Plg4#8	63,68	5,16	8,91	20,82	0,00	1,43	100,00	21,72
Plg4#9	65,85	5,31	7,43	20,20	0,00	1,21	100,00	18,53
Plg5#1	63,66	6,36	8,76	21,23	0,00	0,00	100,00	0
Plg5#2	61,82	5,78	8,86	22,59	0,00	0,96	100,00	14,30
Plg5#3	62,01	5,76	8,25	22,68	0,00	1,31	100,00	18,49
Plg5#4	63,49	5,79	8,13	21,57	0,00	1,03	100,00	15,04
Plg5#5	63,88	5,76	7,85	21,43	0,00	1,08	100,00	15,85
Plg5#6	63,42	5,53	8,46	21,34	0,00	1,25	100,00	18,51
Plg5#7	65,07	4,98	8,25	20,33	0,00	1,37	100,00	21,58
Plg6#2	65,48	5,33	7,84	20,49	0,00	0,86	100,00	13,96
Plg6#3	65,83	5,61	7,88	19,59	0,00	1,08	100,00	16,15
Plg6#4	65,99	5,04	7,81	19,73	0,00	1,44	100,00	22,20
Plg6#5	65,55	5,12	7,84	20,23	0,00	1,26	100,00	19,74
Plg6#6	64,85	5,85	7,77	20,44	0,00	1,10	100,00	15,79

Plg7#3	65,19	5,58	7,60	20,57	0,00	1,06	100,00	15,90
Plg7#4	65,88	5,35	7,91	19,83	0,00	1,03	100,00	16,16
Plg7#5	66,06	5,70	7,64	19,55	0,00	1,04	100,00	15,43
Plg7#6	63,96	5,60	7,92	21,28	0,00	1,23	100,00	18,00
Plg7#7	65,10	5,53	8,00	20,50	0,00	0,87	100,00	13,61
Plg8#1	65,87	5,25	7,88	19,91	0,00	1,10	100,00	17,30
Plg8#2	65,79	5,24	7,98	20,02	0,00	0,97	100,00	15,58
Plg8#3	66,18	5,48	7,68	19,56	0,00	1,10	100,00	16,73
Plg8#4	65,12	5,44	7,87	19,80	0,52	1,25	100,00	18,63
Plg8#5	66,16	5,06	7,69	19,77	0,00	1,33	100,00	20,78
Plg8#6	65,99	4,94	7,79	19,91	0,00	1,37	100,00	21,68
Plg8#7	69,50	1,96	4,14	23,14	1,26	0,00	100,00	0,00
Plg8#8	65,50	5,43	7,53	20,28	0,00	1,26	100,00	18,84
Plg9#1	65,75	5,49	7,70	20,10	0,00	0,95	100,00	14,71
Plg9#2	64,74	5,81	8,02	20,55	0,00	0,87	100,00	13,05
Plg9#3	66,33	5,24	8,78	18,30	0,49	0,86	100,00	14,05
Plg9#4	65,55	4,87	7,59	20,76	0,00	1,22	100,00	20,03
Plg9#5	65,59	6,09	7,49	19,93	0,00	0,90	100,00	12,84
Plg9#6	65,71	5,37	7,98	20,01	0,00	0,94	100,00	14,88
Plg9#7	64,81	5,48	7,69	19,91	0,53	1,58	100,00	22,34
Plg9#8	65,90	5,47	7,71	19,70	0,00	1,22	100,00	18,25
Plg10#1	69,23	1,85	4,28	23,19	1,46	0,00	100,00	0
Plg10#2	65,68	5,50	8,00	19,96	0,00	0,86	100,00	13,56
Plg10#3	66,88	5,09	7,65	19,33	0,00	1,04	100,00	16,91
Plg10#4	64,55	5,88	7,97	20,64	0,00	0,96	100,00	14,01
Plg10#5	65,25	5,48	7,39	20,78	0,00	1,10	100,00	16,73
Plg10#6	65,93	5,18	7,65	20,21	0,00	1,03	100,00	16,54
Plg10#7	64,38	5,52	8,14	20,65	0,00	1,31	100,00	19,21
Plg10#8	65,90	5,07	7,55	20,23	0,00	1,24	100,00	19,69
Plg11#1	65,48	5,19	7,74	20,23	0,00	1,36	100,00	20,72
Plg11#2	65,73	5,21	8,04	19,82	0,00	1,20	100,00	18,76
Plg11#3	62,99	4,51	11,78	19,74	0,00	0,97	100,00	17,75
Plg11#4	65,49	5,32	7,25	20,87	0,00	1,08	100,00	16,88
Plg11#5	65,56	5,37	7,55	20,49	0,00	1,03	100,00	16,09
Plg11#6	65,62	5,51	8,00	19,57	0,00	1,30	100,00	19,08
Plg11#7	65,73	5,61	7,63	19,91	0,00	1,11	100,00	16,49
Plg11#8	66,11	5,00	7,70	19,99	0,00	1,19	100,00	19,24
Plg12#1	69,70	1,61	4,55	22,95	1,19	0,00	100,00	0
Plg12#2	65,64	5,42	7,66	19,97	0,51	0,79	100,00	12,73
Plg12#3	66,04	5,50	7,84	19,47	0,00	1,15	100,00	17,24
Plg12#4	63,96	4,78	8,79	20,45	0,00	2,02	100,00	29,69
Plg12#5	66,37	4,71	8,33	18,70	0,00	1,90	100,00	28,74
Plg12#6	65,28	4,37	8,47	19,86	0,00	2,02	100,00	31,66

Plg12#7	65,05	5,30	7,91	20,42	0,00	1,33	100,00	20,06
Plg12#8	69,94	1,41	4,08	22,69	1,88	0,00	100,00	0
Plg12#9	69,94	1,66	5,02	22,24	1,14	0,00	100,00	0
Plg13#1	65,52	2,86	10,61	17,50	0,00	3,50	100,00	54,99
Plg13#2	66,69	2,84	10,00	17,09	0,00	3,38	100,00	54,41
Plg13#3	65,77	4,39	8,86	19,23	0,00	1,75	100,00	28,49
Plg13#4	65,52	4,79	8,29	19,48	0,00	1,91	100,00	28,53
Plg13#5	64,95	5,21	7,94	20,47	0,00	1,44	100,00	21,67
Plg13#6	66,43	4,68	7,87	18,91	0,00	2,11	100,00	31,13
Plg13#7	65,87	4,91	8,05	19,74	0,00	1,42	100,00	22,47
Plg14#1	65,32	4,41	8,79	19,60	0,00	1,88	100,00	29,82
Plg14#2	66,33	4,56	8,45	18,81	0,00	1,85	100,00	28,84
Plg14#3	65,87	4,98	8,15	19,53	0,00	1,47	100,00	22,77
Plg14#4	65,87	4,83	8,56	19,27	0,00	1,47	100,00	23,39
Plg14#5	65,88	5,34	7,44	20,47	0,00	0,87	100,00	13,97
Plg14#6	66,02	5,37	7,35	20,01	0,00	1,25	100,00	18,85

**Tabla 29: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP02, entregados en % atómico.**

Punto de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	% An
Plg1#1	64,41	5,24	7,99	21,20	0,00	1,15	100,00	18,02
Plg1#2	64,72	5,46	8,32	20,60	0,00	0,90	100,00	14,19
Plg1#3	64,73	5,65	8,21	20,53	0,00	0,88	100,00	13,44
Plg1#4	65,28	5,60	8,07	20,04	0,00	1,00	100,00	15,14
Plg1#5	65,10	5,00	8,21	20,33	0,00	1,36	100,00	21,37
Plg1#6	64,72	5,47	8,02	20,64	0,00	1,15	100,00	17,36
Plg1#7	64,39	5,33	7,77	21,31	0,00	1,20	100,00	18,35
Plg2#1	64,62	5,43	7,91	20,43	0,00	1,62	100,00	22,92
Plg2#2	64,37	5,06	8,62	20,45	0,00	1,50	100,00	22,82
Plg2#3	64,63	5,18	8,61	19,88	0,00	1,70	100,00	24,67
Plg2#4	64,38	4,88	9,05	20,31	0,00	1,39	100,00	22,13
Plg2#5	65,10	5,29	8,33	19,85	0,00	1,43	100,00	21,28
Plg2#6	64,80	5,66	8,24	20,26	0,00	1,03	100,00	15,43
Plg4#1	64,51	5,41	8,22	21,04	0,00	0,82	100,00	13,16
Plg4#2	64,14	5,53	7,97	20,97	0,00	1,40	100,00	20,15
Plg4#3	64,00	5,77	7,81	21,38	0,00	1,05	100,00	15,37
Plg4#4	63,93	5,57	8,23	20,40	0,59	1,28	100,00	18,69
Plg4#5	63,23	5,46	8,08	21,53	0,65	1,05	100,00	16,16
Plg4#6	62,95	5,71	8,17	21,70	0,00	1,46	100,00	20,37
Plg4#7	63,69	5,40	7,86	21,86	0,00	1,20	100,00	18,17
Plg5#1	63,90	3,95	9,43	19,92	0,00	2,81	100,00	41,57
Plg5#2	65,25	3,34	9,78	18,22	0,00	3,41	100,00	50,53
Plg5#3	64,77	3,84	9,58	19,49	0,00	2,33	100,00	37,75

Plg5#4	64,39	3,69	10,40	18,54	0,00	2,97	100,00	44,59
Plg5#5	64,42	4,28	9,47	19,42	0,00	2,40	100,00	35,92
Plg5#6	64,39	4,15	9,35	19,83	0,00	2,28	100,00	35,45
Plg5#7	63,93	4,31	9,65	19,30	0,00	2,81	100,00	39,49
Plg6#1	63,35	4,98	8,84	20,79	0,00	2,04	100,00	29,11
Plg6#2	63,73	5,02	9,19	20,31	0,00	1,75	100,00	25,88
Plg6#3	63,71	4,51	9,36	19,86	0,00	2,57	100,00	36,27
Plg6#4	63,02	4,57	9,55	20,45	0,00	2,41	100,00	34,55
Plg6#5	69,82	3,91	9,68	14,57	0,00	2,03	100,00	34,15
Plg6#6	63,60	4,71	9,20	20,08	0,00	2,42	100,00	33,92
Plg6#7	64,21	4,66	8,72	20,63	0,00	1,77	100,00	27,59
Plg7#1	64,10	5,44	8,14	21,34	0,00	0,98	100,00	15,22
Plg7#2	62,93	5,42	8,67	21,49	0,00	1,49	100,00	21,55
Plg7#3	63,33	5,48	8,41	21,39	0,00	1,39	100,00	20,20
Plg7#4	63,79	5,56	8,16	21,04	0,00	1,44	100,00	20,61
Plg7#5	63,78	5,64	8,01	21,63	0,00	0,93	100,00	14,19
Plg7#6	64,35	4,94	8,44	21,08	0,00	1,19	100,00	19,46
Plg7#7	63,72	5,35	7,93	21,93	0,00	1,07	100,00	16,69
Plg8#1	67,52	2,30	4,51	24,48	1,19	0,00	100,00	0,00
Plg8#2	64,29	5,21	7,97	21,31	0,00	1,22	100,00	18,95
Plg8#3	64,08	5,26	8,21	21,36	0,00	1,08	100,00	17,09
Plg8#4	63,29	5,38	8,10	21,94	0,00	1,29	100,00	19,35
Plg8#5	64,83	5,12	7,45	21,25	0,00	1,36	100,00	21,03
Plg8#6	64,13	5,51	7,74	21,57	0,00	1,05	100,00	16,05
Plg9#1	64,73	3,40	10,00	18,52	0,00	3,35	100,00	49,57
Plg9#2	65,64	3,32	10,21	17,68	0,00	3,15	100,00	48,66
Plg9#3	65,07	2,46	11,66	16,65	0,00	4,16	100,00	62,88
Plg9#4	65,49	2,66	10,95	17,59	0,00	3,30	100,00	55,41
Plg9#5	64,86	2,57	11,09	17,72	0,00	3,76	100,00	59,40
Plg9#6	65,02	2,71	10,50	18,17	0,00	3,61	100,00	57,14
Plg9#7	65,65	2,86	10,37	17,73	0,00	3,39	100,00	54,22
Plg9#8	64,45	3,35	10,53	18,59	0,00	3,09	100,00	47,95
Plg10#1	64,41	5,72	8,06	20,64	0,00	1,17	100,00	17,01
Plg10#2	64,80	5,56	8,78	19,80	0,00	1,06	100,00	15,99
Plg10#3	65,12	5,03	7,69	20,80	0,00	1,36	100,00	21,35
Plg10#4	66,84	4,68	10,27	17,00	0,00	1,20	100,00	20,43
Plg10#5	64,75	5,26	8,16	20,78	0,00	1,05	100,00	16,63
Plg10#6	63,74	5,52	7,97	21,43	0,00	1,34	100,00	19,52
Plg10#7	65,24	5,17	8,33	20,06	0,00	1,20	100,00	18,85
Plg10#8	64,27	5,45	8,11	21,03	0,00	1,14	100,00	17,26
Plg10#9	64,63	5,38	8,22	20,47	0,00	1,31	100,00	19,55
Plg11#1	64,31	5,81	8,01	20,56	0,00	1,31	100,00	18,43
Plg11#2	65,61	3,87	9,60	18,25	0,00	2,67	100,00	40,85

Plg11#3	65,49	4,09	9,24	19,03	0,00	2,15	100,00	34,46
Plg11#4	64,57	4,50	9,26	19,42	0,00	2,24	100,00	33,22
Plg11#5	64,87	4,38	9,16	19,38	0,00	2,21	100,00	33,49
Plg11#6	66,89	4,27	10,29	16,99	0,00	1,57	100,00	26,84
Plg11#7	64,20	5,56	8,05	21,15	0,00	1,04	100,00	15,80
Plg11#8	65,47	4,94	8,67	19,96	0,00	0,95	100,00	16,05
Plg11#9	64,74	5,11	8,26	20,70	0,00	1,19	100,00	18,89
Plg12#1	64,51	5,40	8,29	21,06	0,00	0,75	100,00	12,19
Plg12#2	65,03	5,40	7,86	20,47	0,00	1,25	100,00	18,78
Plg12#3	64,21	5,77	7,84	20,79	0,00	1,40	100,00	19,48
Plg12#4	64,67	4,51	8,69	20,83	0,00	1,30	100,00	22,42
Plg12#5	64,77	5,04	8,64	19,94	0,00	1,61	100,00	24,19
Plg12#6	64,74	4,91	8,31	20,36	0,00	1,69	100,00	25,57
Plg12#7	65,15	4,95	8,56	19,58	0,00	1,77	100,00	26,31
Plg12#8	66,72	5,32	7,77	18,86	0,00	1,34	100,00	20,06
Plg12#10	64,99	4,51	8,68	20,38	0,00	1,45	100,00	24,31
Plg13#1	67,42	4,79	8,91	17,72	0,00	1,16	100,00	19,52
Plg13#2	65,03	4,94	8,77	19,63	0,00	1,63	100,00	24,83
Plg13#3	63,63	4,96	8,47	21,19	0,00	1,75	100,00	26,06
Plg13#4	64,88	5,15	7,87	20,81	0,00	1,29	100,00	19,96
Plg13#5	64,49	4,50	9,29	20,02	0,00	1,71	100,00	27,49
Plg13#6	64,12	4,75	9,04	20,27	0,00	1,82	100,00	27,66
Plg13#7	64,56	5,04	8,79	20,17	0,00	1,43	100,00	22,14
Plg13#8	64,79	5,00	8,39	20,21	0,00	1,60	100,00	24,29
Plg13#9	63,53	5,70	8,76	21,43	0,58	0,00	100,00	0,00
Plg13#10	64,75	5,05	8,24	20,65	0,00	1,31	100,00	20,54
Plg14#1	63,77	5,90	7,87	21,36	0,00	1,10	100,00	15,77
Plg14#2	64,63	5,39	7,86	21,11	0,00	1,01	100,00	15,79
Plg14#3	64,38	5,55	8,36	20,50	0,00	1,21	100,00	17,92
Plg14#4	63,58	5,62	8,21	21,52	0,00	1,07	100,00	15,95
Plg14#5	63,71	5,62	8,20	21,38	0,00	1,09	100,00	16,26
Plg14#6	64,02	5,48	8,38	22,11	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg14#7	63,90	5,26	8,50	21,28	0,00	1,06	100,00	16,83

**Tabla 30: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP03, entregados en % atómico.**

Punto de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	% An
Plg1#2	66,66	5,39	7,38	18,87	0,42	1,29	100,00	19,31
Plg1#3	66,31	4,94	7,88	19,54	0,00	1,33	100,00	21,21
Plg1#4	66,10	5,04	8,08	19,37	0,00	1,41	100,00	21,81
Plg1#5	66,40	5,19	7,55	19,29	0,49	1,07	100,00	17,12
Plg1#6	66,33	5,39	7,75	19,04	0,43	1,07	100,00	16,52
Plg1#7	66,23	4,95	8,00	19,84	0,00	0,99	100,00	16,61

Plg1#8	69,93	1,93	4,13	22,60	1,41	0,00	100,00	0,00
Plg2#1	66,85	4,06	8,59	18,13	0,00	2,37	100,00	36,85
Plg2#2	66,09	4,18	9,28	18,29	0,00	2,16	100,00	34,00
Plg2#3	66,49	4,29	8,73	18,23	0,00	2,26	100,00	34,47
Plg2#4	66,42	4,41	8,48	18,71	0,00	1,98	100,00	30,95
Plg2#5	65,78	5,33	7,50	19,90	0,38	1,11	100,00	17,18
Plg2#6	66,19	5,09	7,83	19,72	0,00	1,17	100,00	18,62
Plg2#7	65,76	5,33	8,07	19,73	0,00	1,12	100,00	17,35
Plg3#1	70,19	1,83	4,06	22,56	1,36	0,00	100,00	0,00
Plg3#2	70,67	2,01	3,99	22,07	1,26	0,00	100,00	0,00
Plg3#3	70,83	1,50	4,08	22,22	1,38	0,00	100,00	0,00
Plg3#4	71,11	1,64	4,08	21,93	1,24	0,00	100,00	0,00
Plg4#1	64,91	5,45	7,85	20,44	0,31	1,05	100,00	16,16
Plg4#2	66,34	5,09	7,76	19,73	0,00	1,08	100,00	17,58
Plg4#3	65,69	5,29	8,11	19,25	0,32	1,35	100,00	20,36
Plg4#4	66,34	5,21	7,68	19,56	0,00	1,22	100,00	18,96
Plg4#5	65,39	5,07	7,98	20,01	0,33	1,22	100,00	19,45
Plg4#6	65,82	5,31	8,05	19,87	0,00	0,95	100,00	15,21
Plg4#7	65,67	5,41	7,74	19,94	0,00	1,24	100,00	18,69
Plg5#1	66,26	4,44	8,22	19,15	0,00	1,93	100,00	30,29
Plg5#2	65,82	4,63	8,76	18,88	0,00	1,90	100,00	29,12
Plg5#3	66,38	4,72	8,32	18,91	0,00	1,67	100,00	26,16
Plg5#4	65,82	5,31	7,81	19,82	0,00	1,23	100,00	18,84
Plg5#5	65,82	5,38	7,84	19,59	0,00	1,36	100,00	20,20
Plg5#6	65,33	5,26	7,79	20,09	0,30	1,23	100,00	18,94
Plg5#7	65,55	5,37	7,80	19,80	0,31	1,18	100,00	17,97
Plg5#8	65,75	5,23	7,92	19,73	0,00	1,37	100,00	20,74
Plg5#9	69,58	1,98	4,23	22,97	1,24	0,00	100,00	0,00
Plg5#10	65,80	4,60	8,66	19,18	0,00	1,76	100,00	27,66
Plg5#11	65,79	4,77	8,28	19,60	0,00	1,57	100,00	24,80
Plg5#12	65,98	5,02	8,21	19,31	0,00	1,48	100,00	22,73
Plg5#13	65,86	5,00	7,94	19,70	0,00	1,51	100,00	23,18
Plg5#14	65,87	5,09	7,97	19,66	0,00	1,41	100,00	21,72
Plg5#15	65,88	4,88	8,23	19,37	0,00	1,65	100,00	25,23
Plg5#16	65,69	5,29	7,82	20,08	0,00	1,12	100,00	17,44
Plg5#17	65,74	5,29	7,73	19,55	0,35	1,35	100,00	20,36
Plg6#1	66,04	4,74	8,57	18,62	0,00	2,03	100,00	29,94
Plg6#2	65,91	4,52	8,77	18,73	0,00	2,08	100,00	31,54
Plg6#3	66,02	4,65	8,36	19,35	0,00	1,62	100,00	25,84
Plg6#4	66,22	3,78	9,05	18,53	0,00	2,42	100,00	39,02
Plg6#5	66,45	4,14	8,55	18,63	0,00	2,23	100,00	35,06
Plg6#6	65,90	4,51	8,64	19,13	0,00	1,82	100,00	28,78
Plg6#7	67,05	5,01	7,89	18,67	0,00	1,39	100,00	21,72

Plg6#8	65,98	5,14	7,94	19,70	0,00	1,25	100,00	19,60
Plg7#1	70,95	1,77	4,27	21,74	1,26	0,00	100,00	0,00
Plg7#2	71,11	1,64	4,26	21,75	1,24	0,00	100,00	0,00
Plg7#3	71,30	1,77	3,91	21,76	1,26	0,00	100,00	0,00
Plg8#1	65,27	5,66	7,69	19,99	0,00	1,39	100,00	19,68
Plg8#2	65,04	5,29	7,93	20,17	0,40	1,17	100,00	18,04
Plg8#3	65,67	5,39	7,90	19,79	0,00	1,24	100,00	18,67
Plg8#4	64,85	5,42	7,52	20,84	0,36	1,01	100,00	15,72
Plg8#5	65,23	5,09	7,79	20,86	0,00	1,03	100,00	16,78
Plg8#6	28,44	4,18	20,30	42,64	0,00	4,44	100,00	51,56
Plg9#1	65,78	4,84	8,38	19,26	0,00	1,75	100,00	26,53
Plg9#2	65,01	5,10	8,47	19,93	0,00	1,49	100,00	22,55
Plg9#3	65,24	5,42	8,10	20,32	0,00	0,92	100,00	14,45
Plg9#4	64,79	5,27	7,92	20,52	0,30	1,19	100,00	18,37
Plg9#5	64,86	5,21	7,91	20,34	0,37	1,31	100,00	20,14
Plg9#6	65,35	5,32	7,99	20,09	0,00	1,26	100,00	19,11
Plg9#7	64,99	5,21	7,82	20,73	0,00	1,25	100,00	19,40
Plg9#8	65,11	5,52	7,72	19,85	0,53	1,27	100,00	18,65
Plg9#9	65,41	5,09	7,72	20,61	0,00	1,17	100,00	18,64
Plg9#10	64,88	5,36	7,77	20,88	0,00	1,11	100,00	17,19
Plg9#11	64,67	5,45	7,80	20,33	0,48	1,26	100,00	18,83
Plg10#1	66,21	5,15	8,74	18,89	0,00	1,02	100,00	16,55
Plg10#2	65,14	5,46	7,93	20,08	0,45	0,94	100,00	14,68
Plg10#3	65,14	5,38	7,80	19,96	0,34	1,37	100,00	20,24
Plg10#4	65,14	5,05	7,92	20,22	0,44	1,24	100,00	19,69
Plg10#5	64,88	5,45	7,94	20,27	0,45	1,01	100,00	15,57
Plg10#6	65,62	5,17	7,84	20,18	0,00	1,18	100,00	18,57
Plg10#7	65,21	5,38	7,83	19,96	0,33	1,28	100,00	19,28
Plg10#8	65,06	5,45	7,57	20,26	0,44	1,21	100,00	18,11
Plg11#1	67,00	4,26	7,57	21,18	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg11#2	65,81	4,94	7,80	19,91	0,34	1,20	100,00	19,48
Plg11#3	65,33	5,36	7,61	20,50	0,00	1,19	100,00	18,18
Plg11#4	48,94	4,67	16,63	27,44	0,00	2,33	100,00	33,31
Plg11#5	65,08	5,21	7,80	20,52	0,38	1,01	100,00	16,23
Plg11#6	65,07	5,47	7,71	20,44	0,36	0,96	100,00	14,92
Plg11#7	65,56	5,56	7,59	20,10	0,00	1,19	100,00	17,68
Plg11#9	64,85	5,40	7,82	20,45	0,46	1,02	100,00	15,83
Plg11#10	65,66	5,43	7,45	20,15	0,31	1,00	100,00	15,55
Plg11#11	65,57	5,11	8,00	20,23	0,00	1,08	100,00	17,51
Plg11#12	65,06	5,20	7,78	20,41	0,34	1,21	100,00	18,89
Plg12#1	65,10	4,28	9,08	18,96	0,00	2,59	100,00	37,66
Plg12#2	65,14	4,51	9,13	18,82	0,00	2,40	100,00	34,69
Plg12#3	66,26	3,81	9,35	17,83	0,00	2,75	100,00	41,94

Plg12#4	64,34	3,88	9,90	18,97	0,00	2,91	100,00	42,91
Plg12#5	65,41	4,27	8,99	19,04	0,00	2,28	100,00	34,80
Plg12#6	65,06	4,12	9,28	19,00	0,00	2,54	100,00	38,09
Plg12#7	65,58	4,36	8,92	19,27	0,00	1,88	100,00	30,12
Plg12#8	65,49	4,79	8,64	19,43	0,00	1,65	100,00	25,60
Plg12#9	65,36	4,66	8,67	19,11	0,39	1,81	100,00	27,98
Plg12#10	66,13	5,05	7,73	19,58	0,37	1,14	100,00	18,39
Plg12#11	70,79	1,12	3,96	22,73	1,40	0,00	100,00	0,00
Plg13#1	64,75	5,00	8,74	20,41	0,00	1,09	100,00	17,89
Plg13#2	64,92	5,44	7,90	20,55	0,00	1,18	100,00	17,87
Plg13#3	65,04	5,52	7,99	20,47	0,00	0,98	100,00	15,11
Plg13#4	64,90	5,36	7,53	20,76	0,34	1,12	100,00	17,24
Plg13#5	65,15	5,10	7,72	20,54	0,42	1,08	100,00	17,48
Plg13#6	64,78	5,17	8,26	20,72	0,00	1,07	100,00	17,15
Plg13#7	64,37	5,57	7,78	20,74	0,42	1,12	100,00	16,72
Plg13#8	65,13	5,35	8,10	20,41	0,00	1,01	100,00	15,90
Plg13#9	65,60	5,17	7,85	20,31	0,00	1,07	100,00	17,14
Plg14#1	66,49	5,05	7,69	19,61	0,00	1,16	100,00	18,66
Plg14#2	66,37	5,07	7,97	19,49	0,00	1,10	100,00	17,83
Plg14#3	65,26	5,38	7,73	20,20	0,34	1,10	100,00	16,96
Plg14#4	65,35	5,31	7,59	20,22	0,35	1,17	100,00	18,10
Plg14#5	65,31	5,12	7,91	20,02	0,38	1,25	100,00	19,67
Plg14#6	64,88	5,43	7,74	20,52	0,31	1,12	100,00	17,03
Plg14#7	64,82	5,43	7,87	20,73	0,00	1,16	100,00	17,60
Plg14#8	64,08	5,61	7,91	20,86	0,35	1,19	100,00	17,46
Plg14#9	65,59	5,17	7,64	20,32	0,00	1,28	100,00	19,86
Plg14#10	64,34	5,49	8,10	20,91	0,00	1,17	100,00	17,61
Plg14#11	65,00	5,33	7,78	20,64	0,34	0,90	100,00	14,50
Plg14#12	65,04	5,39	7,89	20,20	0,33	1,14	100,00	17,44
Plg14#13	65,16	5,34	7,88	20,60	0,00	1,01	100,00	15,92
Plg15#1	64,60	4,42	9,56	19,25	0,00	2,17	100,00	32,90
Plg15#2	64,67	4,81	8,88	19,45	0,34	1,85	100,00	27,75
Plg15#3	64,73	4,63	8,70	19,89	0,00	2,05	100,00	30,70
Plg15#4	65,06	4,33	9,30	19,11	0,00	2,20	100,00	33,71
Plg15#5	65,26	4,27	9,09	19,02	0,00	2,36	100,00	35,58
Plg15#6	64,88	5,59	7,86	20,46	0,00	1,22	100,00	17,90
Plg15#7	64,52	5,30	8,16	20,64	0,00	1,37	100,00	20,51
Plg15#8	64,75	5,29	8,24	20,74	0,00	0,99	100,00	15,76
Plg15#10	64,84	5,33	8,19	20,00	0,33	1,32	100,00	19,83
Plg15#11	64,92	5,38	7,90	20,55	0,00	1,24	100,00	18,71
Plg15#12	65,09	5,28	7,82	20,64	0,00	1,17	100,00	18,11
Plg15#13	65,03	5,44	7,94	20,18	0,33	1,09	100,00	16,76
Plg15#14	65,13	5,38	8,06	19,86	0,34	1,22	100,00	18,55

Plg15#15	65,26	5,13	7,72	20,38	0,38	1,12	100,00	17,97
Plg15#16	65,27	4,99	7,72	20,83	0,00	1,19	100,00	19,28
Plg15#17	64,58	5,33	8,29	20,41	0,00	1,40	100,00	20,78
Plg16#1	65,25	4,49	9,01	19,24	0,00	2,02	100,00	31,01
Plg16#2	65,02	4,63	8,68	19,34	0,00	2,32	100,00	33,37
Plg16#3	65,21	4,46	8,96	19,31	0,00	2,06	100,00	31,66
Plg16#4	65,56	4,28	8,79	19,31	0,00	2,06	100,00	32,48
Plg16#5	65,24	4,75	8,47	19,67	0,00	1,87	100,00	28,27
Plg16#6	65,21	4,96	8,48	19,66	0,00	1,70	100,00	25,56
Plg16#7	64,68	4,94	9,20	19,70	0,00	1,49	100,00	23,17
Plg16#8	65,32	5,37	7,76	20,03	0,33	1,19	100,00	18,12
Plg16#9	65,13	5,38	8,06	20,17	0,00	1,25	100,00	18,90
Plg16#10	69,76	1,80	4,29	22,92	1,23	0,00	100,00	0,00
Plg17#1	67,25	4,89	7,41	18,87	0,31	1,26	100,00	20,48
Plg17#2	65,79	5,41	7,78	19,77	0,00	1,25	100,00	18,75
Plg17#3	65,95	5,51	7,63	19,68	0,00	1,23	100,00	18,26
Plg17#4	65,54	5,30	7,81	20,31	0,00	1,04	100,00	16,47
Plg18#1	66,44	4,82	8,04	19,15	0,00	1,54	100,00	24,20
Plg18#2	66,26	4,63	8,17	18,95	0,00	2,00	100,00	30,13
Plg18#3	66,22	4,77	8,35	19,02	0,00	1,64	100,00	25,55
Plg18#4	66,71	4,69	8,10	18,66	0,00	1,85	100,00	28,29
Plg18#5	66,10	5,02	8,31	18,86	0,00	1,71	100,00	25,45
Plg18#6	65,67	5,10	7,71	20,23	0,35	0,93	100,00	15,43
Plg18#7	66,35	5,18	7,56	19,81	0,00	1,10	100,00	17,51
Plg18#8	65,93	5,53	7,59	19,54	0,31	1,11	100,00	16,76
Plg18#9	65,05	5,39	8,03	20,26	0,00	1,27	100,00	19,05
Plg18#10	66,18	5,22	7,57	19,99	0,00	1,04	100,00	16,56
Plg18#11	65,71	5,21	7,68	20,04	0,30	1,07	100,00	17,05
Plg19#1	65,74	4,20	8,78	18,91	0,00	2,36	100,00	36,01
Plg19#2	65,77	5,24	7,76	19,74	0,30	1,19	100,00	18,50
Plg19#3	60,77	5,85	8,60	23,10	0,48	1,20	100,00	17,01
Plg19#4	65,56	5,07	8,54	19,37	0,00	1,46	100,00	22,38
Plg20#1	65,39	5,12	8,21	19,84	0,33	1,12	100,00	17,93
Plg20#2	65,24	5,36	7,96	20,24	0,00	1,20	100,00	18,24
Plg20#3	65,65	5,21	7,82	20,07	0,00	1,24	100,00	19,20

**Tabla 31: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP04, entregados en % atómico.**

Punto de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	% An
Plg1#1	61,71	4,96	9,86	20,98	0,00	2,49	100,00	33,48
Plg1#2	61,89	4,37	10,11	20,90	0,00	2,72	100,00	38,38
Plg1#3	61,77	5,47	9,61	21,48	0,00	1,67	100,00	23,43
Plg1#4	61,70	5,09	9,99	20,96	0,00	2,25	100,00	30,69

Plg1#5	61,75	4,97	10,35	20,80	0,00	2,13	100,00	29,99
Plg1#6	61,69	5,04	9,76	21,02	0,00	2,49	100,00	33,12
Plg1#7	61,78	5,79	9,00	21,96	0,00	1,48	100,00	20,30
Plg1#8	61,73	6,18	8,55	22,26	0,00	1,29	100,00	17,23
Plg1#9	61,77	6,19	8,65	22,32	0,00	1,06	100,00	14,62
Plg2#1	61,78	6,03	8,56	22,30	0,00	1,33	100,00	18,10
Plg2#2	61,95	5,52	8,91	22,22	0,00	1,39	100,00	20,09
Plg2#3	61,81	5,99	8,50	22,36	0,00	1,33	100,00	18,13
Plg2#4	61,86	6,03	8,71	22,37	0,00	1,03	100,00	14,64
Plg3#1	61,85	5,93	8,59	22,38	0,00	1,26	100,00	17,46
Plg3#2	61,81	5,81	8,58	22,25	0,00	1,56	100,00	21,16
Plg3#3	61,87	5,76	8,83	22,21	0,00	1,33	100,00	18,72
Plg3#4	61,82	5,84	8,74	22,20	0,00	1,39	100,00	19,20
Plg3#5	61,77	5,99	8,66	22,21	0,00	1,37	100,00	18,58
Plg3#6	61,86	5,78	9,01	22,10	0,00	1,24	100,00	17,71
Plg4#1	61,78	5,97	8,82	22,13	0,00	1,30	100,00	17,88
Plg4#2	61,79	6,03	8,80	22,19	0,00	1,19	100,00	16,48
Plg4#3	61,93	5,47	9,06	22,07	0,00	1,47	100,00	21,18
Plg4#4	61,80	5,92	8,88	22,12	0,00	1,27	99,99	17,66
Plg5#1	61,84	4,19	10,57	20,49	0,00	2,92	100,01	41,07
Plg5#2	61,75	4,87	10,06	20,91	0,00	2,40	99,99	33,01
Plg5#3	61,84	5,03	9,66	21,36	0,00	2,11	100,00	29,55
Plg5#4	61,90	5,27	9,40	21,73	0,00	1,70	100,00	24,39
Plg5#5	61,71	5,64	9,49	21,49	0,00	1,67	100,00	22,85
Plg5#6	61,77	6,05	8,48	22,32	0,00	1,37	99,99	18,46
Plg5#7	62,31	4,67	7,94	23,37	0,00	0,96	99,25	17,05
Plg6#1	61,96	5,80	8,56	22,54	0,00	1,14	100,00	16,43
Plg6#2	61,81	5,84	8,91	22,09	0,00	1,35	100,00	18,78
Plg6#3	61,97	5,49	8,71	22,33	0,00	1,50	100,00	21,46
Plg6#4	61,72	4,24	14,39	18,37	0,00	1,27	99,99	23,05
Plg7#1	61,86	5,22	9,35	21,65	0,00	1,92	100,00	26,89
Plg7#2	61,72	5,65	9,04	21,74	0,00	1,84	99,99	24,57
Plg7#3	61,75	5,51	9,25	21,63	0,00	1,86	100,00	25,24
Plg7#4	61,78	5,64	9,54	21,62	0,00	1,41	99,99	20,00
Plg7#5	62,02	5,73	8,57	22,63	0,00	1,04	99,99	15,36
Plg7#6	61,89	5,85	8,61	22,41	0,00	1,23	99,99	17,37
Plg7#7	61,56	5,01	12,17	19,53	0,00	1,73	100,00	25,67
Plg7#8	61,79	6,06	8,88	22,17	0,00	1,09	99,99	15,24
Plg7#9	61,80	4,96	10,92	20,63	0,00	1,68	99,99	25,30
Plg7#10	61,78	5,88	8,94	22,03	0,00	1,37	100,00	18,90
Plg7#11	64,08	1,78	5,34	27,19	1,61		100,00	0,00
Plg8#1	61,71	5,18	9,67	21,17	0,00	2,28	100,01	30,56
Plg8#2	61,71	5,01	10,22	20,81	0,00	2,26	100,01	31,09

Plg8#3	61,72	5,28	9,57	21,29	0,00	2,14	100,00	28,84
Plg8#4	61,51	5,69	9,55	21,09	0,00	2,15	99,99	27,42
Plg8#5	61,86	5,59	8,91	22,07	0,00	1,57	100,00	21,93
Plg8#6	61,55	6,48	8,74	21,98	0,00	1,25	100,00	16,17
Plg8#7	61,89	5,74	8,79	22,25	0,00	1,33	100,00	18,81
Plg8#8	61,84	6,02	8,41	22,48	0,00	1,26	100,01	17,31
Plg8#9	61,97	5,67	8,83	22,36	0,00	1,17	100,00	17,11

**Tabla 32: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP05, entregados en % atómico.**

Puntos de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	% An
Plg1#1	61,92	5,59	9,02	22,14	0,00	1,32	100,00	19,12
Plg1#2	61,88	5,94	8,50	22,49	0,00	1,18	100,00	16,61
Plg1#3	61,97	5,71	8,66	22,46	0,00	1,20	100,00	17,41
Plg2#1	62,02	5,70	8,39	22,69	0,00	1,20	100,00	17,39
Plg2#2	61,82	5,96	8,53	22,34	0,00	1,35	100,00	18,47
Plg2#3	61,72	6,15	8,75	22,14	0,00	1,24	100,00	16,78
Plg3#1	61,82	4,61	10,07	20,92	0,00	2,58	100,00	35,88
Plg3#2	61,65	4,98	10,45	20,57	0,00	2,35	100,00	32,06
Plg3#3	62,05	4,28	9,90	21,29	0,00	2,48	100,00	36,69
Plg3#4	61,69	6,02	8,89	21,95	0,00	1,46	100,01	19,52
Plg3#5	61,91	5,69	8,47	22,43	0,00	1,49	99,99	20,75
Plg3#6	61,64	6,12	8,82	21,94	0,00	1,48	100,00	19,47
Plg3#7	63,81	2,33	5,27	26,97	1,63		100,01	0,00
Plg4#1	61,85	4,43	10,14	20,82	0,00	2,76	100,00	38,41
Plg4#2	61,80	4,96	9,78	21,19	0,00	2,26	100,00	31,32
Plg4#3	61,91	4,50	10,12	21,02	0,00	2,45	100,00	35,28
Plg4#4	61,70	5,01	9,59	21,11	0,00	2,60	100,00	34,14
Plg4#5	61,79	4,96	10,03	21,05	0,00	2,16	100,00	30,33
Plg4#6	61,90	4,09	12,43	19,63	0,00	1,96	100,00	32,37
Plg4#7	61,72	4,68	10,14	20,70	0,00	2,76	100,00	37,07
Plg4#8	61,84	4,72	9,95	21,08	0,00	2,41	100,00	33,80
Plg4#9	61,96	4,69	9,98	21,26	0,00	2,11	100,00	31,05
Plg4#10	61,88	4,62	9,80	21,19	0,00	2,50	100,00	35,13
Plg4#11	61,94	4,84	9,81	21,41	0,00	2,01	100,00	29,34
Plg4#12	61,78	5,48	9,46	21,57	0,00	1,71	100,00	23,83
Plg4#13	63,74	2,48	5,12	26,98	1,67	0,00	100,00	0,00
Plg4#14	63,74	2,24	5,33	26,86	1,84	0,00	100,00	0,00
Plg5#1	61,74	6,06	8,96	22,03	0,00	1,22	100,01	16,76
Plg5#2	61,93	5,66	8,87	22,26	0,00	1,28	100,00	18,44
Plg5#3	61,88	5,69	9,10	22,06	0,00	1,26	99,99	18,13

Plg5#4	61,93	5,65	9,21	22,07	0,00	1,14	100,00	16,79
Plg5#5	61,79	5,74	9,07	21,91	0,00	1,49	100,00	20,61
Plg5#6	61,88	5,73	9,16	22,04	0,00	1,20	100,01	17,32
Plg6#1	61,91	5,71	9,30	22,01	0,00	1,07	100,00	15,78
Plg6#2	62,09	5,35	8,76	22,47	0,00	1,33	100,00	19,91
Plg6#3	61,73	4,94	9,98	20,94	0,00	2,40	99,99	32,70
Plg7#1	61,82	3,79	10,94	20,05	0,00	3,40	100,00	47,27
Plg7#2	61,66	4,75	10,22	20,60	0,00	2,77	100,00	36,80
Plg7#3	61,82	4,92	9,76	21,24	0,00	2,26	100,00	31,46
Plg7#4	61,65	4,76	10,57	20,41	0,00	2,60	100,00	35,30
Plg7#5	61,90	5,02	9,65	21,48	0,00	1,95	100,00	27,93
Plg7#6	61,57	5,29	9,83	20,87	0,00	2,44	100,00	31,56
Plg7#7	61,78	5,19	9,52	21,39	0,00	2,12	100,00	29,03
Plg7#8	61,77	4,94	9,86	21,08	0,00	2,35	100,00	32,21
Plg7#9	61,65	5,95	8,77	21,89	0,00	1,73	100,00	22,57
Plg7#10	61,96	1,12	7,41	23,68	5,82	0,00	100,00	0,00
Plg8#1	61,67	5,02	9,96	20,87	0,00	2,47	99,99	32,98
Plg8#2	61,85	4,62	10,10	20,97	0,00	2,46	100,00	34,75
Plg8#3	61,69	5,31	9,75	21,16	0,00	2,10	100,01	28,34
Plg8#4	61,85	5,08	9,54	21,47	0,00	2,07	100,01	28,95
Plg8#5	61,94	5,27	9,25	21,89	0,00	1,65	100,00	23,84
Plg8#6	61,88	5,39	9,34	21,78	0,00	1,60	99,99	22,89
Plg8#7	61,86	5,80	8,56	22,33	0,00	1,45	100,00	20,00
Plg8#8	61,80	5,74	8,67	22,14	0,00	1,65	100,00	22,33
Plg8#9	61,80	5,90	8,88	22,11	0,00	1,32	100,01	18,28
Plg9#1	61,78	5,95	8,71	22,19	0,00	1,37	100,00	18,72
Plg9#2	61,87	5,77	8,74	22,25	0,00	1,37	100,00	19,19
Plg9#3	61,96	5,57	8,73	22,35	0,00	1,39	100,00	19,97
Plg9#4	61,89	5,71	8,84	22,22	0,00	1,35	100,01	19,12

**Tabla 33: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP07, entregados en % atómico.**

Puntos de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	% An
Plg1#1	61,74	6,12	8,24	22,41	0,57	0,93	100,00	13,14
Plg1#2	66,10	5,36	8,60	19,06	0,00	0,89	100,00	14,19
Plg1#3	60,92	5,59	8,59	23,12	0,50	1,28	100,00	18,66
Plg1#4	62,48	5,85	8,40	21,95	0,00	1,32	100,00	18,42
Plg1#5	41,04	5,53	19,08	32,42	0,00	1,92	100,00	25,80
Plg2#1	62,31	4,84	9,92	20,79	0,00	2,14	100,00	30,69
Plg2#2	62,46	4,70	9,49	21,25	0,00	2,10	100,00	30,87
Plg2#3	62,34	4,65	9,69	20,91	0,00	2,40	100,00	34,06
Plg2#4	62,46	5,01	9,20	21,44	0,00	1,89	100,00	27,40

Plg2#5	68,26	4,92	8,79	16,72	0,00	1,32	100,00	21,13
Plg2#6	62,23	5,30	9,01	21,94	0,00	1,52	100,00	22,29
Plg2#7	61,74	5,35	9,25	22,12	0,00	1,55	100,00	22,46
Plg2#8	65,33	4,43	11,08	17,60	0,00	1,55	100,00	25,89
Plg2#9	52,72	4,87	13,61	26,54	0,00	2,25	100,00	31,60
Plg2#10	61,15	4,99	9,72	22,10	0,00	2,04	100,00	28,98
Plg2#11	60,14	5,35	9,90	22,81	0,00	1,79	100,00	25,09
Plg2#12	36,40	5,46	17,10	38,17	0,00	2,87	100,00	34,43
Plg2#13	62,44	5,74	8,52	22,40	0,00	0,89	100,00	13,49
Plg2#14	61,62	5,80	8,45	22,56	0,37	1,20	100,00	17,19
Plg2#15	61,85	5,27	8,53	22,59	0,58	1,19	100,00	18,48
Plg2#16	62,60	5,64	8,98	21,07	0,44	1,28	100,00	18,47
Plg2#17	65,79	5,47	8,35	19,41	0,00	0,98	100,00	15,21
Plg3#1	62,40	3,92	10,70	19,85	0,00	3,12	100,00	44,29
Plg3#2	61,63	4,63	10,42	20,59	0,00	2,74	100,00	37,16
Plg3#3	61,99	4,49	9,84	21,30	0,00	2,37	100,00	34,55
Plg3#4	57,19	4,92	11,75	23,46	0,00	2,67	100,00	35,17
Plg3#5	62,50	5,12	9,21	21,14	0,00	2,02	100,00	28,25
Plg3#6	62,39	5,46	9,13	21,42	0,00	1,59	100,00	22,54
Plg3#7	58,52	5,28	11,92	22,62	0,00	1,66	100,00	23,89
Plg3#8	62,33	4,96	10,70	20,18	0,00	1,83	100,00	26,92
Plg3#9	58,94	3,98	16,80	18,45	0,00	1,84	100,00	31,64
Plg3#10	62,31	5,05	9,29	21,71	0,00	1,65	100,00	24,62
Plg3#11	62,01	5,41	8,82	21,92	0,41	1,42	100,00	20,81
Plg3#12	58,68	5,05	10,28	23,47	0,00	2,51	100,00	33,21
Plg4#1	61,88	5,82	8,74	22,22	0,00	1,33	100,00	18,56
Plg4#2	62,72	5,58	8,31	22,20	0,00	1,19	100,00	17,62
Plg4#3	60,59	5,58	10,04	22,63	0,00	1,16	100,00	17,16
Plg4#4	61,98	5,80	8,95	22,03	0,00	1,24	100,00	17,67
Plg4#5	62,56	5,74	8,29	22,17	0,00	1,25	100,00	17,84
Plg4#6	62,32	5,41	8,83	22,15	0,00	1,28	100,00	19,17
Plg4#7	61,73	5,03	10,92	20,60	0,41	1,31	100,00	20,69
Plg4#8	62,52	5,77	8,54	21,89	0,00	1,29	100,00	18,30
Plg4#9	62,17	5,79	8,11	22,32	0,42	1,19	100,00	17,05
Plg4#10	61,38	5,80	8,78	22,41	0,35	1,28	100,00	18,11
Plg4#11	61,61	5,72	8,96	22,00	0,37	1,34	100,00	19,00
Plg5#1	62,28	5,57	9,09	21,37	0,46	1,23	100,00	18,02
Plg5#2	62,08	5,78	8,36	22,12	0,37	1,29	100,00	18,21

Plg5#3	62,91	5,57	8,28	21,49	0,35	1,39	100,00	20,02
Plg5#4	62,34	5,67	8,20	22,64	0,00	1,15	100,00	16,86
Plg5#5	62,41	5,75	8,48	22,08	0,00	1,27	100,00	18,11
Plg5#6	62,20	5,83	8,61	22,20	0,00	1,16	100,00	16,54
Plg5#7	62,22	5,60	8,70	21,93	0,42	1,14	100,00	16,90
Plg6#1	63,00	5,14	9,11	21,30	0,00	1,45	100,00	21,96
Plg6#2	63,21	5,30	8,83	21,11	0,00	1,55	100,00	22,66
Plg6#3	62,98	5,28	8,81	21,24	0,00	1,68	100,00	24,15
Plg6#4	61,71	5,27	9,34	21,99	0,00	1,69	100,00	24,28
Plg6#5	63,07	5,42	8,74	21,13	0,00	1,63	100,00	23,18
Plg6#6	63,40	4,89	9,26	20,22	0,00	2,23	100,00	31,29
Plg6#7	63,11	5,51	8,47	21,31	0,41	1,19	100,00	17,74
Plg6#8	63,23	5,38	8,81	21,01	0,00	1,57	100,00	22,63
Plg6#9	63,50	5,68	8,21	21,35	0,00	1,26	100,00	18,20
Plg6#10	63,31	5,48	8,23	21,22	0,44	1,32	100,00	19,43
Plg7#1	62,75	4,82	9,55	21,00	0,00	1,89	100,00	28,12
Plg7#2	62,39	4,86	9,40	21,11	0,00	2,24	100,00	31,56
Plg7#3	62,62	5,03	9,40	20,84	0,00	2,11	100,00	29,61
Plg7#4	62,34	5,19	9,46	20,89	0,00	2,12	100,00	29,01
Plg7#5	62,27	5,17	9,30	21,54	0,00	1,72	100,00	24,96
Plg7#6	61,86	5,00	9,60	21,68	0,00	1,86	100,00	27,12
Plg7#7	62,49	5,54	8,41	22,04	0,00	1,52	100,00	21,51
Plg7#8	62,47	5,39	8,56	22,10	0,00	1,48	100,00	21,51
Plg8#1	38,11	1,23	5,48	54,66	0,00	0,51	100,00	29,20
Plg8#2	63,28	4,76	9,31	20,68	0,00	1,97	100,00	29,32
Plg8#3	67,79	4,40	9,38	16,74	0,00	1,68	100,00	27,64
Plg8#4	62,78	5,32	8,98	20,89	0,00	2,03	100,00	27,66
Plg8#5	63,50	5,30	8,98	20,63	0,00	1,59	100,00	23,03
Plg8#6	62,61	5,10	11,12	19,97	0,00	1,19	100,00	18,98

**Tabla 34: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP08, entregados en % atómico.**

Puntos de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	%An
Plg1#1	64,94	4,55	9,99	18,94	0,42	1,16	100,00	20,35
Plg1#2	65,18	4,71	9,44	18,84	0,00	1,83	100,00	28,03
Plg1#3	65,27	3,59	14,88	14,89	0,00	1,37	100,00	27,69
Plg1#4	65,48	4,95	7,84	20,50	0,00	1,23	100,00	19,94
Plg1#5	64,98	5,33	7,86	20,17	0,40	1,26	100,00	19,07
Plg1#6	64,93	5,25	8,41	20,17	0,00	1,25	100,00	19,24
Plg1#7	64,60	5,37	7,84	20,72	0,42	1,06	100,00	16,53
Plg1#8	65,29	5,18	8,21	20,22	0,00	1,10	100,00	17,54
Plg1#9	65,20	5,23	7,55	20,86	0,00	1,16	100,00	18,19

Plg2#1	65,14	5,23	7,78	20,75	0,00	1,10	100,00	17,33
Plg2#2	63,05	5,31	8,76	21,20	0,42	1,26	100,00	19,11
Plg2#3	63,95	5,72	8,34	20,76	0,00	1,24	100,00	17,75
Plg2#4	65,00	5,47	7,94	20,11	0,32	1,17	100,00	17,57
Plg2#5	61,59	5,06	9,13	22,80	0,00	1,41	100,00	21,83
Plg2#6	64,90	4,95	8,51	19,84	0,00	1,80	100,00	26,68
Plg2#7	66,90	4,92	8,52	18,39	0,00	1,28	100,00	20,58
Plg2#8	64,89	4,81	8,60	19,81	0,00	1,89	100,00	28,20
Plg2#9	63,67	4,51	10,99	19,22	0,00	1,60	100,00	26,17
Plg3#1	65,05	4,34	9,18	19,13	0,00	2,31	100,00	34,72
Plg3#2	64,88	4,16	9,09	19,33	0,00	2,55	100,00	37,98
Plg3#3	64,43	5,29	8,41	20,63	0,00	1,24	100,00	19,04
Plg4#1	65,04	5,29	7,86	20,29	0,32	1,20	100,00	18,42
Plg4#2	64,58	5,24	8,16	20,68	0,00	1,34	100,00	20,40
Plg4#3	64,55	5,29	8,15	20,41	0,37	1,22	100,00	18,79
Plg4#4	65,15	5,32	7,98	20,43	0,00	1,13	100,00	17,48
Plg4#5	65,02	5,24	7,97	20,80	0,00	0,97	100,00	15,65
Plg4#6	65,07	5,47	7,68	20,30	0,35	1,12	100,00	17,05
Plg4#7	64,94	5,36	7,51	20,47	0,43	1,29	100,00	19,36
Plg4#8	66,03	5,33	7,36	19,65	0,38	1,26	100,00	19,18
Plg5#1	65,87	4,44	8,38	19,34	0,00	1,97	100,00	30,75
Plg5#2	65,97	4,65	8,33	18,94	0,00	2,11	100,00	31,28
Plg5#3	65,43	4,72	8,49	19,65	0,00	1,71	100,00	26,55
Plg5#4	64,65	5,19	8,53	19,96	0,00	1,68	100,00	24,42
Plg5#5	65,76	4,78	8,19	19,25	0,34	1,69	100,00	26,08
Plg5#6	65,93	4,78	8,21	19,54	0,00	1,53	100,00	24,31
Plg5#7	65,23	5,43	7,67	20,25	0,31	1,11	100,00	17,01
Plg5#8	65,70	5,07	7,60	20,15	0,33	1,15	100,00	18,49
Plg5#9	65,31	5,32	7,84	20,28	0,32	0,93	100,00	14,85
Plg6#1	66,64	4,70	8,28	19,01	0,00	1,37	100,00	22,54
Plg6#2	66,44	5,10	7,81	19,16	0,00	1,50	100,00	22,78
Plg6#3	66,67	4,79	7,86	19,33	0,00	1,34	100,00	21,88
Plg6#4	66,07	4,73	8,17	19,37	0,00	1,66	100,00	26,05
Plg6#5	65,58	5,04	8,34	19,56	0,00	1,48	100,00	22,64
Plg6#6	64,56	4,97	8,54	20,45	0,00	1,49	100,00	23,01
Plg6#7	65,03	4,88	8,31	20,15	0,00	1,63	100,00	25,01
Plg6#8	65,74	4,72	8,49	19,14	0,00	1,91	100,00	28,79
Plg6#9	65,13	4,68	9,08	19,22	0,00	1,89	100,00	28,79
Plg7#1	65,67	4,49	8,16	20,40	0,00	1,28	100,00	22,12
Plg7#2	64,94	5,42	7,70	20,79	0,00	1,15	100,00	17,56
Plg7#3	64,73	5,73	7,87	20,64	0,00	1,03	100,00	15,22

Plg7#4	65,28	5,46	7,93	20,20	0,00	1,13	100,00	17,09
Plg7#5	64,67	5,73	8,01	20,43	0,00	1,16	100,00	16,82
Plg7#6	64,58	5,66	8,09	20,59	0,00	1,08	100,00	16,09
Plg7#7	64,88	5,37	7,84	20,49	0,31	1,11	100,00	17,13
Plg7#8	64,62	5,06	8,11	20,74	0,30	1,16	100,00	18,69
Plg7#9	65,76	5,30	7,69	20,08	0,00	1,17	100,00	18,14
Plg7#10	64,97	5,42	8,16	20,09	0,35	1,01	100,00	15,70
Plg7#11	65,15	5,18	7,83	20,37	0,44	1,03	100,00	16,57
Plg7#12	65,20	5,29	7,66	20,43	0,32	1,11	100,00	17,41
Plg7#13	65,38	5,34	7,71	20,48	0,00	1,09	100,00	16,90
Plg7#14	64,94	5,16	7,81	20,74	0,37	0,98	100,00	15,89
Plg7#15	65,13	5,38	7,89	20,52	0,00	1,07	100,00	16,61
Plg7#16	64,84	5,30	7,61	20,82	0,36	1,06	100,00	16,69
Plg7#17	65,08	5,61	7,96	20,40	0,00	0,96	100,00	14,57
Plg7#18	64,48	5,61	8,11	20,26	0,36	1,17	100,00	17,23
Plg8#1	65,49	5,38	7,66	20,40	0,00	1,08	100,00	16,72
Plg8#2	65,35	5,24	7,73	20,44	0,00	1,24	100,00	19,15
Plg8#3	64,51	5,37	8,08	20,43	0,32	1,29	100,00	19,36
Plg8#4	65,15	5,35	7,84	20,52	0,00	1,14	100,00	17,60
Plg8#5	65,40	5,27	7,94	20,51	0,00	0,89	100,00	14,38
Plg8#6	64,90	5,37	7,78	21,03	0,00	0,92	100,00	14,67
Plg8#7	64,55	5,29	8,09	21,01	0,00	1,07	100,00	16,76
Plg8#8	66,92	5,34	7,81	19,09	0,00	0,84	100,00	13,62
Plg8#9	63,82	5,12	9,42	19,84	0,42	1,38	100,00	21,20
Plg8#10	65,16	5,20	7,62	20,23	0,50	1,28	100,00	19,77
Plg8#11	63,96	3,78	16,78	14,63	0,00	0,85	100,00	18,38
Plg8#12	64,92	5,22	8,13	20,49	0,00	1,23	100,00	19,13
Plg8#13	64,30	5,53	8,19	20,96	0,00	1,01	100,00	15,45
Plg8#14	63,57	5,36	9,50	20,46	0,00	1,11	100,00	17,18
Plg9#1	64,34	5,52	8,13	20,83	0,00	1,18	100,00	17,64
Plg9#2	64,74	5,31	7,90	20,68	0,00	1,37	100,00	20,48
Plg9#3	64,72	5,46	8,04	20,60	0,00	1,17	100,00	17,63
Plg9#4	64,91	5,62	7,79	20,54	0,00	1,14	100,00	16,84
Plg9#5	64,72	5,30	7,79	20,53	0,40	1,26	100,00	19,20
Plg9#6	64,49	5,39	8,13	20,33	0,38	1,28	100,00	19,13
Plg9#7	64,81	5,36	8,24	20,35	0,00	1,25	100,00	18,91
Plg9#8	64,90	5,45	7,57	20,68	0,40	1,00	100,00	15,51
Plg9#9	65,40	5,24	7,63	20,28	0,39	1,07	100,00	16,94
Plg9#10	64,75	5,49	7,85	20,87	0,00	1,04	100,00	15,97
Plg9#11	65,08	5,05	7,91	20,84	0,00	1,12	100,00	18,14
Plg9#12	64,82	5,27	7,81	20,50	0,44	1,17	100,00	18,14

Plg9#13	65,64	5,14	7,92	20,12	0,00	1,17	100,00	18,52
Plg9#14	64,87	5,21	8,02	20,18	0,45	1,27	100,00	19,64
Plg9#15	66,48	5,69	7,63	18,67	0,45	1,07	100,00	15,89
Plg9#16	65,02	5,01	7,68	20,57	0,37	1,35	100,00	21,22
Plg9#17	65,23	5,52	7,70	20,17	0,00	1,37	100,00	19,90
Plg9#18	64,47	5,38	8,48	20,54	0,00	1,14	100,00	17,45
Plg9#19	64,11	5,44	7,98	20,73	0,34	1,40	100,00	20,46
Plg10#1	64,57	5,64	7,95	20,40	0,40	1,05	100,00	15,65
Plg10#2	64,73	5,45	7,78	20,87	0,00	1,17	100,00	17,74
Plg10#3	64,62	5,43	7,85	20,58	0,43	1,09	100,00	16,76
Plg10#4	64,46	5,33	8,01	20,68	0,36	1,16	100,00	17,87
Plg10#5	64,92	5,32	7,61	20,75	0,33	1,08	100,00	16,82
Plg11#1	65,46	3,75	9,30	18,73	0,00	2,76	100,00	42,46
Plg11#2	65,21	4,91	8,50	19,94	0,00	1,45	100,00	22,81
Plg11#3	65,14	4,02	9,33	18,98	0,00	2,54	100,00	38,70
Plg11#4	65,18	5,10	8,11	20,20	0,00	1,41	100,00	21,72
Plg11#5	65,28	4,30	8,90	19,41	0,00	2,10	100,00	32,86
Plg11#6	64,98	4,62	9,13	18,94	0,00	2,33	100,00	33,46
Plg11#7	64,57	4,70	10,39	18,87	0,00	1,47	100,00	23,90
Plg11#8	65,24	5,11	7,75	20,55	0,00	1,35	100,00	20,88
Plg11#9	64,77	5,37	7,80	20,55	0,33	1,17	100,00	17,92
Plg12#1	65,85	3,95	9,49	18,06	0,00	2,65	100,00	40,13
Plg12#2	65,33	4,07	9,66	18,51	0,00	2,43	100,00	37,39
Plg12#3	65,36	3,79	9,85	18,65	0,00	2,35	100,00	38,27
Plg12#4	64,89	4,36	9,34	19,17	0,00	2,25	100,00	34,03
Plg12#5	64,60	4,33	9,11	19,63	0,00	2,32	100,00	34,91
Plg12#6	65,08	4,62	8,66	19,17	0,27	2,20	100,00	32,27
Plg12#7	65,03	4,80	8,61	19,89	0,00	1,67	100,00	25,87
Plg12#8	65,18	4,99	7,97	20,41	0,00	1,46	100,00	22,59
Plg12#9	65,37	5,03	8,24	20,01	0,00	1,35	100,00	21,19
Plg12#10	64,74	4,90	9,27	19,53	0,00	1,56	100,00	24,22
Plg12#11	65,27	5,18	7,92	19,97	0,39	1,28	100,00	19,76
Plg12#12	65,13	5,07	8,38	19,62	0,39	1,41	100,00	21,78
Plg13#1	65,56	4,45	8,97	18,96	0,00	2,07	100,00	31,76
Plg13#2	65,83	4,55	8,71	18,76	0,00	2,15	100,00	32,04
Plg13#3	65,66	4,59	8,50	19,12	0,00	2,12	100,00	31,57
Plg13#4	65,15	4,83	8,78	19,62	0,00	1,62	100,00	25,10
Plg13#5	65,19	4,92	8,31	19,70	0,00	1,88	100,00	27,70
Plg13#6	65,24	4,69	8,38	19,99	0,00	1,70	100,00	26,58
Plg13#7	65,63	5,00	8,24	19,72	0,00	1,40	100,00	21,86
Plg13#8	65,96	4,90	7,99	19,68	0,00	1,46	100,00	22,93

Plg13#9	64,93	5,34	7,83	20,36	0,37	1,17	100,00	17,99
Plg14#1	64,96	5,28	7,78	20,44	0,38	1,16	100,00	17,97
Plg14#2	64,50	5,43	7,91	20,56	0,38	1,20	100,00	18,15
Plg14#3	64,34	5,34	7,71	20,91	0,32	1,38	100,00	20,57
Plg14#4	64,55	5,63	7,73	20,39	0,35	1,33	100,00	19,15
Plg14#5	64,49	5,34	7,83	20,97	0,29	1,08	100,00	16,79
Plg14#6	64,48	5,55	7,86	20,55	0,38	1,18	100,00	17,57
Plg14#7	64,82	5,35	8,07	20,33	0,35	1,08	100,00	16,75
Plg14#8	64,77	5,20	8,01	20,43	0,33	1,25	100,00	19,42
Plg14#9	64,66	5,25	7,85	20,97	0,33	0,95	100,00	15,28
Plg14#10	64,44	5,44	8,09	20,49	0,38	1,16	100,00	17,56
Plg14#11	64,72	5,32	8,08	20,36	0,34	1,18	100,00	18,19
Plg14#12	64,72	5,32	7,96	20,50	0,32	1,17	100,00	18,00
Plg14#13	64,50	5,30	7,88	20,81	0,30	1,21	100,00	18,57
Plg14#14	64,70	5,20	7,98	20,77	0,00	1,36	100,00	20,77
Plg14#15	64,75	5,50	7,83	20,60	0,00	1,33	100,00	19,50

**Tabla 35: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP09, entregados en % atómico.**

Puntos de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	%An
Plg1#1	67,66	5,23	7,33	19,77	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg1#2	68,36	4,45	7,60	18,71	0,00	0,87	100,00	16,28
Plg1#3	67,06	5,37	7,23	19,29	0,00	1,04	100,00	16,29
Plg1#4	67,07	5,30	7,85	19,77	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg2#1	72,35	1,81	3,93	21,01	0,90	0,00	100,00	0,00
Plg2#2	71,90	1,67	3,93	21,02	1,47	0,00	100,00	0,00
Plg2#3	72,35	2,06	3,85	20,75	1,00	0,00	100,00	0,00
Plg3#1	68,33	5,23	7,16	17,92	0,00	1,36	100,00	20,67
Plg3#2	67,60	4,53	7,78	18,26	0,00	1,82	100,00	28,69
Plg3#3	67,73	4,13	7,92	18,67	0,00	1,55	100,00	27,29
Plg4#1	67,17	5,27	7,69	18,55	0,00	1,32	100,00	19,99
Plg4#2	67,43	5,33	6,98	18,93	0,00	1,33	100,00	19,99
Plg4#3	68,07	4,73	7,40	18,60	0,00	1,20	100,00	20,20
Plg5#1	68,63	4,01	7,40	18,15	0,00	1,82	100,00	31,19
Plg5#2	67,20	3,94	9,02	17,35	0,00	2,49	100,00	38,72
Plg5#3	66,94	4,91	7,85	19,01	0,00	1,29	100,00	20,74
Plg6#1	71,74	1,41	4,16	21,07	1,62	0,00	100,00	0,00
Plg6#2	67,12	5,39	7,26	19,26	0,00	0,97	100,00	15,18
Plg6#3	67,48	5,18	7,66	18,76	0,00	0,92	100,00	15,13
Plg6#4	71,94	0,92	4,39	20,68	2,07	0,00	100,00	0,00
Plg7#1	68,30	4,80	7,37	18,53	0,00	1,00	100,00	17,30
Plg7#2	67,13	4,94	7,48	19,38	0,00	1,07	100,00	17,73

Plg7#3	68,51	4,91	7,33	18,21	0,00	1,04	100,00	17,43
Plg7#4	66,09	5,85	7,70	20,36	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg8#1	67,97	4,91	7,39	18,56	0,00	1,18	100,00	19,44
Plg8#2	67,62	5,36	7,49	18,11	0,00	1,42	100,00	20,91
Plg8#3	66,99	5,03	7,54	19,62	0,00	0,83	100,00	14,14
Plg9#1	67,31	4,05	7,76	18,48	1,07	1,33	100,00	24,77
Plg9#2	68,06	4,51	8,22	17,62	0,00	1,59	100,00	26,05
Plg10#1	67,02	5,20	7,77	20,01	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg10#2	67,98	4,47	7,24	19,07	0,00	1,23	100,00	21,62
Plg10#3	67,39	5,13	8,15	19,33	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg10#4	67,90	5,53	7,36	18,23	0,00	0,98	100,00	15,06
Plg11#1	66,74	4,21	8,37	18,65	0,00	2,04	100,00	32,60
Plg11#2	68,24	4,05	7,97	17,81	0,00	1,92	100,00	32,20
Plg11#3	68,07	4,09	8,52	17,63	0,00	1,69	100,00	29,25
Plg11#4	67,38	4,13	8,61	17,37	0,00	2,50	100,00	37,74
Plg11#5	67,96	4,33	8,36	17,48	0,00	1,88	100,00	30,23
Plg11#6	66,77	4,35	8,44	18,24	0,00	2,20	100,00	33,55
Plg12#1	67,55	5,17	7,36	18,67	0,00	1,26	100,00	19,55
Plg12#2	66,70	5,22	7,25	19,65	0,00	1,18	100,00	18,47
Plg12#3	67,87	4,67	7,43	18,28	0,00	1,75	100,00	27,22
Plg12#4	66,95	4,22	8,59	18,23	0,00	2,01	100,00	32,30
Plg12#5	66,78	4,37	8,79	17,28	0,00	2,78	100,00	38,85
Plg12#6	67,36	5,33	7,22	18,98	0,00	1,10	100,00	17,14
Plg13#1	67,60	5,02	7,46	18,77	0,00	1,15	100,00	18,66
Plg13#2	67,79	5,14	7,54	18,74	0,00	0,80	100,00	13,46
Plg13#3	67,58	5,10	7,71	18,64	0,00	0,97	100,00	16,01
Plg13#4	68,21	4,87	7,35	18,45	0,00	1,13	100,00	18,80
Plg13#5	68,18	5,05	7,19	18,43	0,00	1,16	100,00	18,64
Plg14#1	68,45	5,25	7,09	18,35	0,00	0,86	100,00	14,13
Plg14#2	66,56	5,55	7,63	19,02	0,00	1,23	100,00	18,15
Plg14#3	66,60	5,16	7,64	19,69	0,00	0,90	100,00	14,91
Plg14#4	67,77	4,78	6,99	19,30	0,00	1,16	100,00	19,55
Plg14#5	66,51	5,85	7,71	19,93	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg15#1	67,37	5,43	7,07	18,85	0,00	1,28	100,00	19,09
Plg15#2	67,28	4,82	7,49	20,40	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg15#3	65,24	4,67	8,66	19,46	0,00	1,97	100,00	29,63
Plg15#4	67,40	5,27	7,14	19,08	0,00	1,12	100,00	17,50
Plg15#5	65,78	4,54	8,57	18,81	0,00	2,30	100,00	33,56
Plg15#6	66,60	5,27	7,70	20,42	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg23#1	66,81	4,58	8,31	18,26	0,00	2,04	100,00	30,87
Plg23#2	66,29	4,17	8,65	18,90	0,00	1,99	100,00	32,33
Plg23#3	65,81	4,76	8,86	18,83	0,00	1,73	100,00	26,68
Plg23#4	63,82	4,61	10,97	19,23	0,41	0,96	100,00	17,27

Plg23#5	65,90	5,24	7,63	19,63	0,36	1,25	100,00	19,27
Plg23#6	66,51	5,27	7,45	19,54	0,00	1,22	100,00	18,82
Plg24#1	68,16	4,61	8,27	17,31	0,00	1,65	100,00	26,38
Plg24#2	66,12	4,73	8,25	19,18	0,00	1,72	100,00	26,73
Plg24#3	66,59	4,40	8,70	18,51	0,00	1,80	100,00	29,06
Plg24#4	65,66	4,55	8,96	18,88	0,00	1,95	100,00	29,95
Plg24#5	66,28	4,57	8,39	18,76	0,00	2,00	100,00	30,47
Plg24#6	66,32	5,30	7,62	19,45	0,00	1,32	100,00	19,93
Plg25#1	66,74	4,62	7,72	19,60	0,00	1,32	100,00	22,26
Plg25#2	64,59	4,79	8,55	21,06	0,00	1,01	100,00	17,43
Plg25#3	66,98	5,27	7,21	19,38	0,00	1,17	100,00	18,18
Plg25#4	66,04	5,32	8,05	19,69	0,00	0,91	100,00	14,56
Plg25#5	66,04	5,36	7,79	19,56	0,00	1,25	100,00	18,87
Plg26#1	67,26	4,15	8,41	18,20	0,00	1,98	100,00	32,29
Plg26#2	66,14	4,04	8,89	18,73	0,00	2,20	100,00	35,23
Plg26#3	65,75	5,05	8,25	19,31	0,00	1,63	100,00	24,40
Plg26#4	66,75	5,19	7,77	19,17	0,00	1,12	100,00	17,78
Plg26#5	68,81	4,57	7,21	18,18	0,00	1,23	100,00	21,24
Plg26#6	68,30	5,15	7,66	18,13	0,00	0,75	100,00	12,74
Plg27#1	68,05	5,07	6,94	18,84	0,00	1,10	100,00	17,81
Plg27#2	67,25	5,23	7,02	19,35	0,00	1,15	100,00	18,06
Plg27#3	66,76	5,47	7,28	19,47	0,00	1,02	100,00	15,73
Plg27#4	68,59	4,81	9,85	15,32	0,00	1,43	100,00	22,91
Plg28#1	66,22	4,93	8,28	18,92	0,00	1,65	100,00	25,02
Plg28#2	67,71	4,14	7,98	18,37	0,00	1,80	100,00	30,37
Plg28#3	66,19	5,00	8,08	19,38	0,00	1,37	100,00	21,47
Plg28#4	67,44	4,96	6,89	19,75	0,00	0,96	100,00	16,28
Plg28#5	66,93	5,16	7,50	19,25	0,00	1,17	100,00	18,43
Plg28#6	66,93	5,08	7,74	19,26	0,00	0,99	100,00	16,26
Plg29#1	67,14	4,40	8,32	18,13	0,00	2,02	100,00	31,43
Plg29#2	67,29	4,76	8,38	17,75	0,00	1,82	100,00	27,61
Plg29#3	66,15	4,85	7,96	19,60	0,00	1,44	100,00	22,93
Plg29#4	66,13	5,00	8,29	19,44	0,00	1,15	100,00	18,65
Plg29#5	67,96	5,09	6,75	18,99	0,00	1,21	100,00	19,23
Plg29#6	66,24	5,09	7,77	19,67	0,00	1,22	100,00	19,33
Plg29#7	66,49	5,43	7,44	19,66	0,00	0,99	100,00	15,40
Plg30#1	66,17	5,26	7,65	19,92	0,00	1,00	100,00	15,92
Plg30#2	66,80	5,28	7,46	19,42	0,00	1,03	100,00	16,34
Plg30#3	66,76	4,88	7,71	19,35	0,00	1,30	100,00	20,98
Plg30#4	65,34	5,33	7,99	19,85	0,00	1,49	100,00	21,83
Plg30#5	66,86	5,15	7,45	19,14	0,00	1,40	100,00	21,38
Plg30#6	62,42	5,41	9,97	20,85	0,00	1,35	100,00	20,02
Plg31#1	67,37	4,87	8,68	17,45	0,00	1,63	100,00	25,15

Plg31#2	59,65	3,70	12,63	21,11	0,00	2,91	100,00	44,02
Plg31#3	66,61	4,76	8,41	18,57	0,00	1,65	100,00	25,78
Plg31#4	66,83	4,78	7,68	19,37	0,00	1,34	100,00	21,91
Plg31#5	66,50	4,96	7,86	19,19	0,00	1,49	100,00	23,10
Plg32#1	66,46	5,01	7,59	19,81	0,00	1,14	100,00	18,53
Plg32#2	65,98	5,37	7,48	20,00	0,00	1,18	100,00	17,98
Plg32#3	66,60	5,13	8,28	19,03	0,00	0,96	100,00	15,80
Plg32#4	66,14	5,39	7,98	19,46	0,00	1,02	100,00	15,92
Plg32#5	67,34	4,36	10,55	16,82	0,00	0,93	100,00	17,66
Plg33#1	69,42	4,75	7,73	17,31	0,00	0,79	100,00	14,29
Plg33#2	65,66	5,56	7,44	20,23	0,00	1,11	100,00	16,61
Plg33#3	66,00	5,40	7,68	19,55	0,00	1,37	100,00	20,26
Plg33#4	67,40	4,12	8,08	18,79	0,00	1,60	100,00	27,93
Plg33#5	66,85	4,48	8,22	18,53	0,00	1,92	100,00	30,04
Plg34#1	66,68	4,24	9,06	17,95	0,00	2,08	100,00	32,95
Plg34#2	67,59	3,66	9,08	17,63	0,00	2,04	100,00	35,84
Plg34#3	66,68	4,35	8,31	18,85	0,00	1,81	100,00	29,32
Plg34#4	67,17	5,01	8,01	18,82	0,00	1,00	100,00	16,65
Plg34#5	66,57	5,23	8,00	19,24	0,00	0,96	100,00	15,49
Plg34#6	66,78	5,30	7,89	18,88	0,00	1,15	100,00	17,83
Plg35#1	66,72	5,28	7,39	19,63	0,00	0,97	100,00	15,56
Plg35#2	67,25	5,10	7,19	19,35	0,00	1,10	100,00	17,78
Plg35#3	66,37	5,14	7,76	19,40	0,00	1,32	100,00	20,47
Plg35#4	67,25	5,34	7,10	19,02	0,00	1,29	100,00	19,49
Plg36#1	67,58	4,59	8,41	17,56	0,00	1,86	100,00	28,81
Plg36#2	67,73	4,33	8,01	17,90	0,00	2,03	100,00	31,96
Plg36#3	67,74	4,84	8,01	17,54	0,00	1,87	100,00	27,89
Plg36#4	67,73	4,93	7,99	17,79	0,00	1,55	100,00	23,94
Plg36#5	66,63	4,15	8,55	18,55	0,00	2,11	100,00	33,67
Plg36#6	66,71	4,78	8,40	18,70	0,00	1,41	100,00	22,72
Plg36#7	67,56	4,89	7,38	18,59	0,56	1,03	100,00	17,33
Plg37#1	61,73	4,01	10,90	20,01	0,00	3,36	100,00	45,59
Plg37#2	61,56	4,12	11,08	19,63	0,00	3,61	100,00	46,66
Plg37#3	61,66	3,19	11,87	18,97	0,00	4,30	100,00	57,40
Plg37#4	61,63	3,60	11,66	19,24	0,00	3,87	100,00	51,81
Plg37#5	61,70	3,91	10,98	19,87	0,00	3,54	100,00	47,57
Plg37#6	61,61	4,40	10,80	20,01	0,00	3,18	100,00	41,99
Plg37#7	61,72	4,61	10,19	20,64	0,00	2,83	100,00	38,08
Plg37#8	61,69	5,01	10,10	20,84	0,00	2,35	100,00	31,94
Plg37#9	61,77	6,11	8,70	22,25	0,00	1,18	100,00	16,17
Plg37#10	61,64	5,91	8,45	22,20	0,40	1,41	100,00	19,25
Plg37#11	61,78	5,73	9,18	21,82	0,00	1,48	100,00	20,53

Plg37#12	61,93	5,89	8,41	22,60	0,00	1,17	100,00	16,59
Plg37#13	61,60	6,24	8,60	22,02	0,00	1,54	100,00	19,77
Plg37#14	61,81	5,95	8,73	22,22	0,00	1,29	100,00	17,76
Plg38#1	62,07	5,69	8,47	22,73	0,00	1,04	100,00	15,52
Plg38#2	61,79	5,98	8,82	22,16	0,00	1,24	100,00	17,17
Plg38#3	61,90	5,70	8,89	22,21	0,00	1,30	100,00	18,53
Plg39#1	61,84	5,75	8,80	22,17	0,00	1,43	100,00	19,98
Plg39#2	61,82	6,06	8,76	22,30	0,00	1,05	100,00	14,77
Plg39#3	61,84	5,98	8,56	22,38	0,00	1,25	100,00	17,29
Plg39#4	61,89	5,97	8,72	22,40	0,00	1,03	100,00	14,71
Plg40#1	61,94	5,73	8,76	22,37	0,00	1,20	100,00	17,30
Plg40#2	61,82	5,88	8,73	22,23	0,00	1,34	100,00	18,54
Plg40#3	61,66	6,20	8,76	22,04	0,00	1,34	100,00	17,81
Plg40#4	61,89	5,79	8,72	22,30	0,00	1,30	100,00	18,36
Plg40#5	61,63	6,28	8,48	22,16	0,00	1,45	100,00	18,71
Plg40#6	61,45	8,03	7,25	23,28	0,00	0,00	100,00	0,00
Plg41#1	61,88	5,80	8,61	22,35	0,00	1,37	100,00	19,09
Plg41#2	61,79	5,85	9,02	21,99	0,00	1,35	100,00	18,78
Plg41#3	61,68	6,25	8,51	22,22	0,00	1,34	100,00	17,63
Plg41#4	61,87	5,86	8,65	22,35	0,00	1,27	100,00	17,83
Plg42#1	61,76	6,05	8,82	22,14	0,00	1,23	100,00	16,95
Plg41#6	61,79	6,11	8,43	22,43	0,00	1,24	100,00	16,86
Plg41#7	61,68	6,30	8,61	22,21	0,00	1,19	100,00	15,86
Plg41#8	61,88	5,85	8,68	22,36	0,00	1,23	100,00	17,36
Plg41#9	61,66	6,20	8,97	21,93	0,00	1,24	100,00	16,66
Plg41#10	61,60	6,31	8,60	22,07	0,00	1,42	100,00	18,43

**Tabla 36: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP10, entregados en % atómico.**

Puntos de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	% An
Plg1#1	61,85	6,12	8,55	22,49	0,00	0,99	100,00	13,92
Plg1#2	61,78	6,09	8,72	22,24	0,00	1,18	100,01	16,23
Plg1#3	61,83	5,95	8,66	22,30	0,00	1,26	100,00	17,48
Plg1#4	61,85	6,02	8,64	22,40	0,00	1,10	100,01	15,45
Plg1#5	61,95	5,75	8,84	22,35	0,00	1,10	99,99	16,06
Plg1#6	61,73	6,12	8,93	22,05	0,00	1,17	100,00	16,05
Plg1#7	61,90	5,79	8,71	22,34	0,00	1,26	100,00	17,87
Plg1#8	61,91	5,78	8,67	22,38	0,00	1,26	100,00	17,90
Plg1#9	61,79	5,94	8,77	22,16	0,00	1,34	100,00	18,41
Plg1#10	61,94	5,71	8,58	22,45	0,00	1,31	99,99	18,66
Plg2#1	61,79	5,96	8,91	22,10	0,00	1,24	100,00	17,22
Plg2#2	62,00	5,67	8,49	22,60	0,00	1,24	100,00	17,95

Plg2#3	61,84	5,78	8,86	22,14	0,00	1,38	100,00	19,27
Plg2#4	61,95	5,66	8,56	22,45	0,00	1,36	99,98	19,37
Plg3#1	61,77	4,43	10,22	20,64	0,00	2,95	100,01	39,97
Plg3#2	61,79	4,40	10,18	20,70	0,00	2,92	99,99	39,89
Plg3#3	61,71	4,50	10,60	20,37	0,00	2,82	100,00	38,52
Plg3#4	61,77	4,45	10,66	20,43	0,00	2,69	100,00	37,68
Plg3#5	61,76	4,81	10,06	20,90	0,00	2,46	99,99	33,84
Plg3#6	61,70	5,09	9,95	20,97	0,00	2,29	100,00	31,03
Plg3#7	61,74	5,23	9,48	21,36	0,00	2,19	100,00	29,51
Plg3#8	61,60	5,39	9,71	21,04	0,00	2,27	100,01	29,63
Plg3#9	61,73	5,36	9,71	21,28	0,00	1,92	100,00	26,37
Plg3#10	61,82	5,70	9,26	21,86	0,00	1,36	100,00	19,26
Plg3#11	61,66	5,99	9,08	21,77	0,00	1,51	100,01	20,13
Plg3#12	61,75	4,55	10,34	20,61	0,00	2,74	99,99	37,59
Plg3#13	61,62	4,79	10,43	20,43	0,00	2,72	99,99	36,22
Plg4#1	61,71	6,10	8,58	22,17	0,00	1,45	100,01	19,21
Plg4#2	61,84	5,98	8,73	22,31	0,00	1,14	100,00	16,01
Plg4#3	61,90	5,76	8,62	22,37	0,00	1,36	100,01	19,10
Plg4#4	61,82	5,95	8,81	22,21	0,00	1,22	100,01	17,02
Plg4#5	61,92	5,53	8,70	22,25	0,00	1,60	100,00	22,44
Plg4#6	61,81	5,95	8,82	22,19	0,00	1,23	100,00	17,13
Plg4#7	61,78	5,93	8,97	22,04	0,00	1,28	100,00	17,75
Plg5#1	61,96	5,53	8,87	22,24	0,00	1,41	100,01	20,32
Plg5#2	61,84	5,86	8,65	22,28	0,00	1,38	100,01	19,06
Plg5#3	61,86	5,51	8,79	22,09	0,00	1,75	100,00	24,10
Plg5#4	62,02	5,53	8,81	22,40	0,00	1,25	100,01	18,44
Plg5#5	61,70	6,04	8,71	22,06	0,00	1,48	99,99	19,68
Plg5#6	61,79	5,89	8,99	22,03	0,00	1,30	100,00	18,08
Plg5#7	61,86	5,70	8,83	22,16	0,00	1,45	100,00	20,28
Plg5#8	61,93	5,64	8,64	22,37	0,00	1,41	99,99	20,00
Plg5#9	61,81	5,79	8,96	22,03	0,00	1,41	100,00	19,58
Plg5#10	61,79	5,94	8,77	22,16	0,00	1,33	99,99	18,29
Plg5#11	61,89	5,67	8,99	22,11	0,00	1,34	100,00	19,12
Plg5#12	61,87	5,97	8,67	22,39	0,00	1,10	100,00	15,56
Plg5#13	61,95	5,82	8,42	22,60	0,00	1,20	99,99	17,09
Plg6#1	61,81	4,98	9,65	21,29	0,00	2,27	100,00	31,31
Plg6#2	61,70	5,17	10,02	20,98	0,00	2,12	99,99	29,08
Plg6#3	61,78	5,24	9,53	21,42	0,00	2,03	100,00	27,92
Plg6#4	61,63	5,26	9,91	20,93	0,00	2,27	100,00	30,15
Plg6#5	61,71	4,93	9,99	20,90	0,00	2,46	99,99	33,29
Plg6#6	61,89	5,12	9,62	21,52	0,00	1,86	100,01	26,65
Plg6#7	61,92	5,21	9,29	21,79	0,00	1,80	100,01	25,68
Plg6#8	62,01	5,57	8,69	22,46	0,00	1,28	100,01	18,69

Plg6#9	61,68	6,05	8,98	21,89	0,00	1,40	100,00	18,79
Plg6#10	61,97	5,62	8,72	22,39	0,00	1,30	100,00	18,79
Plg6#11	61,90	5,92	8,52	22,50	0,00	1,15	99,99	16,27
Plg6#12	61,92	5,90	8,48	22,55	0,00	1,16	100,01	16,43
Plg7#1	61,84	5,68	8,82	22,10	0,00	1,55	99,99	21,44
Plg7#2	61,98	5,39	9,19	22,06	0,00	1,38	100,00	20,38
Plg7#3	61,88	5,78	8,59	22,35	0,00	1,41	100,01	19,61
Plg7#4	61,96	5,57	8,88	22,26	0,00	1,33	100,00	19,28
Plg7#5	61,94	5,71	8,74	22,36	0,00	1,25	100,00	17,96
Plg7#6	61,91	5,88	8,75	22,39	0,00	1,06	99,99	15,27
Plg7#7	61,90	5,87	8,46	22,51	0,00	1,26	100,00	17,67
Plg7#8	61,88	5,49	8,78	22,11	0,00	1,74	100,00	24,07
Plg7#9	61,67	5,81	8,95	21,77	0,00	1,79	99,99	23,55
Plg7#10	61,78	5,83	9,10	21,93	0,00	1,37	100,01	19,03
Plg8#1	61,79	5,86	8,79	22,11	0,00	1,46	100,01	19,95
Plg8#2	61,92	5,47	8,75	22,21	0,00	1,64	99,99	23,07
Plg8#3	61,88	5,72	8,66	22,29	0,00	1,44	99,99	20,11
Plg8#4	61,82	5,87	8,87	22,15	0,00	1,29	100,00	18,02
Plg8#5	61,90	5,48	9,16	21,97	0,00	1,49	100,00	21,38

**Tabla 37: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP11, entregados en % atómico.**

Puntos de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	% An
Plg1#1	61,87	5,93	8,49	22,46	0,00	1,24	99,99	17,29
Plg1#2	61,77	6,00	8,92	22,08	0,00	1,22	99,99	16,90
Plg1#3	61,79	6,18	8,66	22,33	0,00	1,04	100,00	14,40
Plg1#4	61,88	5,85	8,55	22,40	0,00	1,31	99,99	18,30
Plg1#5	61,93	5,85	8,49	22,54	0,00	1,18	99,99	16,79
Plg1#6	61,86	5,79	8,96	22,14	0,00	1,26	100,01	17,87
Plg1#7	61,81	6,06	8,56	22,38	0,00	1,19	100,00	16,41
Plg2#1	61,88	5,77	8,60	22,34	0,00	1,41	100,00	19,64
Plg2#2	61,73	6,01	9,16	21,89	0,00	1,21	100,00	16,76
Plg2#3	61,83	6,05	8,46	22,46	0,00	1,19	99,99	16,44
Plg2#4	61,73	6,32	8,65	22,28	0,00	1,02	100,00	13,90
Plg2#5	63,31	2,99	5,25	26,48	1,96	0,00	99,99	0,00
Plg3#1	61,93	5,74	8,81	22,33	0,00	1,18	99,99	17,05
Plg3#2	61,87	5,77	8,78	22,23	0,00	1,35	100,00	18,96
Plg3#3	61,73	6,22	8,75	22,20	0,00	1,10	100,00	15,03
Plg3#4	61,63	6,31	8,84	21,99	0,00	1,23	100,00	16,31
Plg3#5	61,79	6,03	8,76	22,22	0,00	1,19	99,99	16,48
Plg3#6	61,69	6,16	8,85	22,04	0,00	1,27	100,01	17,09
Plg3#7	61,84	5,81	9,02	22,06	0,00	1,27	100,00	17,94

Plg3#8	61,96	5,70	8,71	22,42	0,00	1,21	100,00	17,51
Plg3#9	61,78	5,97	8,74	22,17	0,00	1,34	100,00	18,33
Plg3#10	61,75	5,98	8,75	22,11	0,00	1,41	100,00	19,08
Plg3#11	61,60	6,30	8,84	21,94	0,00	1,31	99,99	17,21
Plg3#12	61,70	6,05	8,66	22,10	0,00	1,50	100,01	19,87
Plg4#1	65,82	5,64	7,54	19,35	0,44	1,22	100,01	17,78
Plg4#2	66,45	5,11	7,43	19,87	0,00	1,14	100,00	18,24
Plg4#3	65,98	5,45	7,83	19,67	0,00	1,07	100,00	16,41
Plg4#4	66,43	5,44	7,44	19,39	0,00	1,31	100,01	19,41
Plg5#1	65,55	4,82	8,61	19,22	0,00	1,80	100,00	27,19
Plg5#2	66,08	4,68	8,62	18,66	0,00	1,95	99,99	29,41
Plg5#3	65,93	4,87	8,44	19,01	0,00	1,74	99,99	26,32
Plg5#4	66,40	4,84	8,28	18,46	0,00	2,02	100,00	29,45
Plg5#5	66,12	4,89	8,39	18,84	0,00	1,75	99,99	26,36
Plg5#6	66,10	4,89	8,61	18,69	0,00	1,71	100,00	25,91
Plg5#7	66,32	4,58	8,50	18,70	0,00	1,90	100,00	29,32
Plg5#8	66,47	4,69	8,68	18,32	0,00	1,85	100,01	28,29
Plg5#9	66,24	5,13	7,82	19,13	0,00	1,68	100,00	24,67
Plg5#10	65,78	5,31	8,07	19,48	0,00	1,36	100,00	20,39
Plg5#11	65,93	5,45	7,70	19,68	0,00	1,25	100,01	18,66
Plg6#1	65,67	5,49	7,94	19,89	0,00	1,02	100,01	15,67
Plg6#2	65,26	5,56	8,15	19,83	0,00	1,20	100,00	17,75
Plg6#3	65,37	5,50	7,90	20,11	0,00	1,13	100,01	17,04
Plg6#4	64,83	5,63	8,08	20,42	0,00	1,05	100,01	15,72
Plg6#5	65,32	5,60	7,73	20,04	0,00	1,31	100,00	18,96
Plg6#6	64,86	5,31	8,11	20,58	0,00	1,13	99,99	17,55
Plg6#7	65,46	5,52	8,00	19,75	0,00	1,27	100,00	18,70
Plg6#8	65,72	5,52	7,33	20,32	0,00	1,10	99,99	16,62
Plg6#9	65,10	5,68	7,83	20,35	0,00	1,04	100,00	15,48
Plg6#10	64,42	5,59	8,43	20,56	0,00	1,00	100,00	15,17
Plg7#1	65,48	4,43	8,72	19,14	0,00	2,23	100,00	33,48
Plg7#2	65,13	4,73	8,99	19,14	0,00	2,01	100,00	29,82
Plg7#3	64,91	4,67	8,97	19,37	0,00	2,08	100,00	30,81
Plg7#4	65,23	4,97	8,61	19,28	0,00	1,91	100,00	27,76
Plg7#5	64,79	5,13	8,69	19,78	0,00	1,62	100,01	24,00
Plg7#6	65,28	5,50	7,88	20,16	0,00	1,18	100,00	17,66
Plg7#7	64,92	5,68	7,98	20,32	0,00	1,10	100,00	16,22
Plg7#8	64,86	5,86	7,96	20,51	0,00	0,82	100,01	12,28
Plg7#9	64,87	5,58	7,88	20,44	0,00	1,23	100,00	18,06
Plg7#10	64,67	5,53	8,23	20,42	0,00	1,15	100,00	17,22
Plg7#11	64,99	5,58	8,02	19,85	0,43	1,12	99,99	16,72

Plg7#12	64,62	5,53	8,47	20,03	0,00	1,35	100,00	19,62
Plg7#13	64,65	5,58	8,18	20,48	0,00	1,11	100,00	16,59
Plg7#14	69,45	1,58	4,40	23,51	1,05	0,00	99,99	0,00
Plg7#15	69,00	1,30	4,56	23,56	1,58	0,00	100,00	0,00
Plg8#1	65,36	5,41	8,14	19,85	0,00	1,25	100,01	18,77
Plg8#2	65,51	5,44	8,24	19,59	0,00	1,21	99,99	18,20
Plg8#3	64,88	5,59	8,21	19,88	0,00	1,43	99,99	20,37
Plg8#4	64,56	5,31	8,32	20,16	0,00	1,66	100,01	23,82
Plg8#5	64,77	5,23	8,57	19,89	0,00	1,55	100,01	22,86
Plg8#6	65,21	5,26	8,51	19,55	0,00	1,47	100,00	21,84
Plg8#7	65,31	5,18	8,47	19,36	0,00	1,68	100,00	24,49
Plg8#8	64,43	5,34	8,44	20,14	0,00	1,65	100,00	23,61
Plg8#9	65,10	4,96	8,53	19,65	0,00	1,75	99,99	26,08
Plg8#10	65,59	4,71	8,57	19,19	0,00	1,93	99,99	29,07
Plg8#11	65,19	4,92	8,84	19,19	0,00	1,85	99,99	27,33
Plg8#12	65,67	4,72	8,39	19,48	0,00	1,74	100,00	26,93
Plg8#13	64,87	4,84	8,90	19,74	0,00	1,65	100,00	25,42

**Tabla 38: Datos obtenidos mediante SEM de la muestra CPIP12, entregados en % atómico.**

Puntos de medición	O	Na	Al	Si	K	Ca	Total	%An
Plg1#1	63,27	5,82	8,29	21,46	0,00	1,16	100,00	16,62
Plg1#2	63,31	5,86	8,33	21,63	0,00	0,87	100,00	12,93
Plg1#3	63,12	6,18	8,18	20,99	0,49	1,05	100,01	14,52
Plg1#4	62,90	5,87	8,84	21,30	0,00	1,08	99,99	15,54
Plg1#5	64,10	5,59	8,34	20,63	0,00	1,34	100,00	19,34
Plg1#6	63,23	5,90	8,54	21,43	0,00	0,89	99,99	13,11
Plg1#7	62,77	5,71	8,93	21,23	0,00	1,36	100,00	19,24
Plg1#8	64,19	4,81	11,83	18,42	0,00	0,76	100,01	13,64
Plg2#1	64,06	5,44	8,05	21,20	0,00	1,25	100,00	18,68
Plg2#2	63,64	5,46	8,62	21,10	0,00	1,17	99,99	17,65
Plg2#3	63,59	5,40	8,47	21,42	0,00	1,12	100,00	17,18
Plg2#4	64,01	5,74	7,96	21,11	0,00	1,18	100,00	17,05
Plg3#1	63,73	5,48	8,59	20,78	0,00	1,43	100,01	20,69
Plg3#2	64,00	5,43	8,55	20,80	0,00	1,22	100,00	18,35
Plg3#3	64,61	5,36	8,10	20,62	0,00	1,32	100,01	19,76
Plg3#4	64,13	5,84	8,12	21,02	0,00	0,90	100,01	13,35
Plg3#5	64,55	5,65	8,04	20,62	0,00	1,13	99,99	16,67
Plg4#1	64,59	5,49	8,03	20,76	0,00	1,13	100,00	17,07
Plg4#2	64,14	5,50	8,20	21,10	0,00	1,05	99,99	16,03
Plg4#3	64,28	5,81	8,19	20,72	0,00	1,00	100,00	14,68

Plg4#4	63,81	5,73	8,37	20,95	0,00	1,14	100,00	16,59
Plg4#5	64,30	5,86	7,63	20,85	0,44	0,92	100,00	13,57
Plg5#1	64,10	5,78	8,14	20,52	0,00	1,45	99,99	20,06
Plg5#2	64,33	4,68	9,25	19,59	0,00	2,15	100,00	31,48
Plg5#3	64,04	4,94	9,17	19,75	0,00	2,10	100,00	29,83
Plg5#4	63,45	5,66	8,44	21,20	0,00	1,25	100,00	18,09
Plg5#5	63,55	5,89	8,14	21,12	0,00	1,30	100,00	18,08
Plg5#6	64,62	5,38	7,91	20,97	0,00	1,12	100,00	17,23
Plg5#7	64,01	5,73	8,35	20,66	0,00	1,24	99,99	17,79
Plg5#8	60,76	5,33	12,30	20,56	0,00	1,05	100,00	16,46
Plg6#1	63,85	5,46	8,78	20,33	0,00	1,58	100,00	22,44
Plg6#2	64,11	5,30	8,36	20,53	0,00	1,70	100,00	24,29
Plg6#3	63,90	5,23	8,57	20,68	0,00	1,62	100,00	23,65
Plg6#4	63,86	5,83	8,10	21,34	0,00	0,86	99,99	12,86
Plg6#5	64,12	5,74	8,09	21,04	0,00	1,01	100,00	14,96
Plg6#6	64,09	5,74	8,20	21,07	0,00	0,91	100,01	13,68
Plg6#7	64,10	5,58	7,93	21,33	0,00	1,06	100,00	15,96
Plg6#8	64,85	5,45	8,13	20,42	0,00	1,15	100,00	17,42
Plg6#9	63,76	5,79	8,08	21,11	0,00	1,26	100,00	17,87
Plg6#10	63,75	5,77	8,30	21,19	0,00	1,00	100,01	14,77
Plg7#1	64,07	4,48	9,72	18,95	0,00	2,78	100,00	38,29
Plg7#2	64,00	4,43	9,81	19,30	0,00	2,47	100,01	35,80
Plg7#3	64,24	4,30	9,46	19,69	0,00	2,30	99,99	34,85
Plg7#4	64,29	4,91	9,18	19,69	0,00	1,93	100,00	28,22
Plg7#5	63,67	4,96	9,28	20,02	0,00	2,07	100,00	29,45
Plg7#6	64,03	4,61	9,75	19,25	0,00	2,35	99,99	33,76
Plg7#7	64,31	4,75	8,87	19,96	0,00	2,11	100,00	30,76
Plg7#8	63,70	4,88	9,07	20,31	0,00	2,04	100,00	29,48
Plg7#9	63,45	5,04	9,22	20,22	0,00	2,07	100,00	29,11
Plg7#10	63,65	4,74	9,31	20,10	0,00	2,21	100,01	31,80
Plg7#11	64,05	4,70	9,11	19,93	0,00	2,21	100,00	31,98
Plg7#12	63,29	5,48	9,17	20,47	0,00	1,58	99,99	22,38
Plg7#13	63,68	5,01	9,10	20,51	0,00	1,69	99,99	25,22
Plg7#14	63,45	5,33	8,93	20,54	0,00	1,74	99,99	24,61
Plg7#15	63,96	5,46	8,43	20,77	0,00	1,39	100,01	20,29
Plg8#1	63,37	5,65	8,40	21,56	0,00	1,02	100,00	15,29
Plg8#2	62,97	6,18	8,43	21,17	0,00	1,25	100,00	16,82
Plg8#3	63,16	5,89	8,30	21,61	0,00	1,04	100,00	15,01
Plg8#4	64,60	5,75	8,05	20,39	0,00	1,21	100,00	17,39

## **Anexo C**

Principales observaciones de circones en imágenes de lupa petrográfica

A continuación se presenta una tabla (Tabla 1) con las características morfológicas externas de los circones observadas con lupa petrográfica.

**Tabla 1: Resumen de características de los circones observados con lupa petrográfica.**

Muestra	Número del circón	Razón de aspecto (razón largo/ancho)	Clasificación según Razón de aspecto	Estructuralidad	Forma	Integridad	Color	Opacidad
CPIP01	1	2,920	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	2	2,396	B	Subhedral	Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	3	3,639	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	4	2,413	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	5	2,073	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	6	3,699	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	7	2,467	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	8	2,903	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	9	1,447	A	Anhedral	No se distingue	Obs	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	10	2,244	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	11	3,453	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	12	3,356	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	13	3,501	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	14	3,059	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	15	2,824	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP01	16	3,496	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	17	2,217	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	18	1,977	A	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	19	4,796	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	20	3,203	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco

CPIP01	21	2,297	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	22	2,696	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	23	4,187	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	24	1,916	A	Anhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	25	1,823	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	26	6,139	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	27	2,148	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP01	28	3,076	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	29	4,256	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	30	2,087	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	31	5,489	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	32	2,341	B	Subhedral	Bipiramidal	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	33	1,471	A	Anhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	34	2,073	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	35	2,836	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	36	2,120	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	37	2,731	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	38	2,087	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	39	3,324	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	40	3,309	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	41	2,206	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	42	2,636	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP01	43	2,788	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP01	44	5,869	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco

CPIP01	45	5,441	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	46	3,384	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	47	2,148	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	48	3,264	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	49	5,032	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	50	6,777	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	51	2,453	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	52	4,360	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	53	1,868	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP01	54	1,615	A	Anhedral	No se distingue	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	55	3,960	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	56	2,646	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP01	57	4,248	C	Subhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	58	2,083	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP01	59	2,304	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP01	60	2,218	B	Subhedral	Bipiramidal	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	61	2,031	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP01	62	1,268	A	Anhedral	No se distingue	Baja	Rosado	Opaco
CPIP01	63	4,875	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	64	10,148	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	65	2,767	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP01	66	3,023	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP01	67	5,013	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	1	3,008	B	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Opaco
CPIP02	2	2,335	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	3	2,203	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco

CPIP02	4	5,149	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	5	2,768	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	6	2,232	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	7	2,458	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	8	2,312	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	9	7,032	C	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	10	2,132	B	Anhedral	No se distingue	Baja	Incoloro	Opaco
CPIP02	11	2,131	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Medio	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	12	4,587	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	13	1,934	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	14	1,962	A	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	15	2,182	B	Subhedral	Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	16	2,334	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	17	2,585	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	18	3,881	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	19	2,962	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	20	3,087	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	21	2,874	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP02	22	4,184	C	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP02	23	2,596	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	24	2,577	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP02	25	3,046	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	26	4,297	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	27	5,591	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	28	3,113	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido

CPIP02	29	2,695	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	30	1,920	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	31	2,394	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	32	2,940	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	33	3,040	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	34	3,855	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	35	2,269	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	36	1,667	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	37	2,312	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	38	2,486	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	39	2,577	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	40	2,270	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	41	2,392	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP02	42	3,034	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	43	2,605	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	44	3,517	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	45	3,697	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	46	5,769	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	47	2,089	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	48	2,600	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	49	1,483	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	50	2,781	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	51	4,123	C	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido

CPIP02	52	3,459	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	53	2,537	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	54	3,771	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	55	2,014	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	56	2,838	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	57	1,824	A	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP02	58	2,015	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP02	59	2,535	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP02	60	4,371	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	1	3,236	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	2	2,365	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	3	2,537	B	Subhedral	Bipiramidal	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	4	2,756	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	5	2,356	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	6	8,633	C	Subhedral	Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	7	3,026	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	8	1,502	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	9	2,369	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Opaco
CPIP03	10	2,183	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	11	2,418	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Opaco
CPIP03	12	2,598	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP03	13	1,689	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	14	1,892	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco

CPIP03	15	2,978	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	16	3,008	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	17	1,967	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	18	3,002	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	19	3,305	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	20	2,070	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	21	2,973	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	22	2,194	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	23	2,802	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	24	3,633	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	25	1,739	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	26	2,279	B	Anhedral	No se distingue	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	27	2,476	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	28	2,498	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP03	29	2,118	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP03	30	2,712	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	31	3,181	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	32	3,196	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	33	1,719	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	34	2,003	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	35	2,780	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	36	5,070	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco

CPIP03	37	1,623	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	38	3,697	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	39	1,881	A	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP03	40	2,748	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP03	41	2,222	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	42	2,554	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	43	2,027	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP03	44	2,071	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	45	2,123	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	46	1,941	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	47	1,686	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	48	1,891	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP03	49	1,998	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	50	2,349	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	51	1,227	A	Anhedral	No se distingue	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	52	2,492	B	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	53	3,315	B	Subhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	54	3,018	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	55	2,239	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	56	2,146	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	57	3,260	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Opaco
CPIP03	58	5,235	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	59	6,503	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco

CPIP03	60	1,621	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	61	2,430	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Opaco
CPIP03	62	2,212	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	63	2,198	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	64	1,830	A	Euhedral	Bipiramidal	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	65	3,333	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP03	66	4,182	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	67	1,753	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP03	68	5,384	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	69	1,205	A	Anhedral	No se distingue	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP03	70	3,531	B	Euhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	71	2,933	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	72	1,733	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	73	2,192	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP03	74	1,890	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP03	75	1,510	A	Anhedral	No se distingue	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP03	76	2,006	B	Anhedral	No se distingue	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	77	4,242	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	78	2,819	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP03	79	1,738	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP03	80	1,606	A	Euhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Opaco
CPIP04	1	7,411	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	2	4,410	C	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Traslúcido

CPIP04	3	2,219	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP04	4	3,507	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP04	5	2,961	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	6	1,981	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP04	7	2,132	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	8	1,717	A	Subhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	9	2,212	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP04	10	2,583	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP04	11	3,586	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP04	12	1,952	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	13	2,581	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP04	14	1,807	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP04	15	3,917	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	16	2,196	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP04	17	2,170	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	18	2,033	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP04	19	3,665	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	20	3,230	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP04	21	2,875	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP04	22	3,389	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	23	2,288	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP04	24	1,643	A	Anhedral	No se distingue	Media	Incoloro	Traslúcido

CPIP04	25	1,736	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	26	4,150	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	27	2,589	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	28	2,160	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP04	29	3,569	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	30	1,480	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	31	4,305	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	32	2,609	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	33	3,122	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP04	34	2,035	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	35	3,126	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP04	36	2,475	B		No se distingue	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	37	7,948	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP04	38	4,450	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	39	2,572	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	40	1,648	A	Anhedral	No se distingue	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP04	41	2,511	B	Subhedral	Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	42	3,276	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP04	43	2,037	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	44	3,134	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	45	4,217	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP04	46	1,958	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido

CPIP04	47	2,302	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP04	48	1,905	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	49	2,517	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP04	50	4,364	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	51	2,400	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP04	52	3,071	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP04	53	4,090	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	54	4,333	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	55	4,272	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	56	2,140	B	Subhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	57	1,798	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP04	58	3,324	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	59	3,912	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	60	1,366	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	61	1,628	A	Subhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP04	62	3,328	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	63	4,302	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	64	2,463	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	65	2,553	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	66	2,250	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP04	67	2,569	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP04	68	4,434	C	Subhedral	Prismático	Baja	Rosado	Opaco
CPIP04	69	1,622	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido

CPIP04	70	2,308	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP04	71	2,452	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	1	1,471	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	2	2,241	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	3	2,418	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	4	3,046	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP05	5	6,631	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	6	1,797	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	7	1,282	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP05	8	6,413	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	9	1,852	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	10	2,616	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP05	11	1,452	A	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP05	12	2,029	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP05	13	5,320	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	14	2,049	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	15	3,207	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	16	3,314	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP05	17	1,966	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	18	2,269	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	19	2,609	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	20	2,347	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco

CPIP05	21	1,318	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	22	2,184	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	23	2,394	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	24	5,359	C	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	25	4,194	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	26	7,093	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	27	2,423	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP05	28	1,975	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	29	1,861	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	30	3,206	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	31	4,737	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	32	3,654	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP05	33	2,065	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP05	34	5,369	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	35	2,699	B	Subhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	36	1,659	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	37	2,480	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	38	5,956	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	39	1,946	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	40	1,631	A	Subhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Opaco
CPIP05	41	1,373	A	Anhedral	No se distingue	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	42	2,335	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	43	1,948	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco

CPIP05	44	1,822	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	45	1,928	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	46	1,571	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP05	47	1,620	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP05	48	2,402	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	49	1,879	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP05	50	2,491	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	51	2,369	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	52	2,070	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	53	1,392	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	54	2,464	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP05	55	2,028	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	56	1,731	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	57	2,138	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	58	2,131	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	59	2,647	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP05	60	2,594	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	61	1,613	A	Anhedral	No se distingue	Media	Incoloro	Opaco
CPIP05	62	2,846	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	63	4,744	C	Subhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	64	2,275	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	65	2,403	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco

CPIP05	66	2,926	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	67	2,395	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	68	2,297	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	69	1,559	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	70	3,435	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	71	2,482	B	Subhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Opaco
CPIP05	72	3,049	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	73	2,135	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	74	1,655	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	75	1,867	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	76	2,489	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	77	2,693	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	78	2,651	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	79	2,033	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP05	80	2,269	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Opaco
CPIP05	81	4,590	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	82	1,685	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	83	1,929	A	Subhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	84	4,203	C	Subhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	85	4,789	C	Subhedral	Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	86	1,288	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP05	87	3,678	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP05	88	1,422	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP05	89	3,107	B	Subhedral	Prismático	Baja	Rosado	Opaco

CPIP05	90	2,019	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	1	1,393	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	2	2,434	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP06	3	1,108	A	Anhedral	No se distingue	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP06	4	1,753	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP06	5	2,190	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	6	3,794	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP06	7	1,821	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP06	8	1,904	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	9	3,621	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	10	1,584	A	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP06	11	1,500	A	Anhedral	No se distingue	Media	Incoloro	Opaco
CPIP06	12	3,586	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	13	2,385	B	Anhedral	No se distingue	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	14	1,406	A	Anhedral	No se distingue	Baja	Incoloro	Opaco
CPIP06	15	2,012	B	Anhedral	No se distingue	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	16	1,555	A	Anhedral	No se distingue	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	17	2,743	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	18	2,790	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	19	4,200	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	20	1,556	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	21	3,282	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	22	1,878	A	Subhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	23	1,422	A	Euhedral	Bipiramidal	Baja	Rosado	Semi-

								opaco
CPIP06	24	2,243	B	Anhedral	No se distingue	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	25	1,481	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	26	2,023	B	Subhedral	Prismático	Baja	Rosado	Opaco
CPIP06	27	1,548	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	28	2,088	B	Subhedral	Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP06	29	2,819	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	30	1,606	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	31	2,140	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	32	1,625	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	33	2,193	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	34	3,361	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP06	35	1,778	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	36	1,389	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	37	2,105	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	38	2,362	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP06	39	2,294	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Traslúcido
CPIP06	40	2,593	B	Subhedral	Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP06	41	2,920	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP06	42	3,585	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	43	1,103	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	44	2,056	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	45	4,843	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	46	3,533	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco

CPIP06	47	2,170	B	Subhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	48	1,848	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	49	3,724	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	50	7,364	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	51	2,201	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	52	4,111	C	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	53	2,096	B	Euhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	54	2,160	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	55	2,226	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	56	2,088	B	Subhedral	Bipiramidal	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	57	3,419	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP06	58	2,073	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Opaco
CPIP06	59	5,231	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP06	60	2,455	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP06	61	7,125	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Traslúcido
CPIP06	62	3,938	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP06	63	2,391	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP07	1	3,470	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	2	1,902	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	3	2,573	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	4	2,097	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	5	4,234	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP07	6	3,017	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco

CPIP07	7	2,053	B	Subhedral	Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	8	1,525	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	9	2,011	B	Subhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	10	2,558	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	11	1,447	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	12	2,815	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP07	13	2,945	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	14	2,109	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	15	1,200	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	16	1,896	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	17	2,297	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP07	18	3,195	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP07	19	3,157	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP07	20	1,754	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	21	2,385	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	22	2,182	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	23	2,683	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	24	2,867	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP07	25	2,261	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	26	5,126	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	27	1,687	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	28	3,747	B	Subhedral	Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	29	3,129	B	Subhedral	Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco

CPIP07	30	1,762	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	31	2,605	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP07	32	2,463	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP07	33	2,247	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	34	7,781	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	35	2,404	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	36	2,125	B	Subhedral	Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	37	1,395	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	38	2,845	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	39	3,059	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	40	2,208	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	41	2,101	B	Subhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	42	2,559	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP07	43	2,731	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	44	2,528	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP07	45	1,897	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP07	46	2,782	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	47	1,995	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	48	1,446	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	49	1,792	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	50	3,971	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	51	2,236	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido

CPIP07	52	2,390	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	53	2,678	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP07	54	4,482	C	Subhedral	Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	55	2,436	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	56	1,969	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	57	1,820	A	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	58	1,777	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	59	1,647	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP07	60	1,965	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	61	2,295	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP07	62	2,455	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	63	2,707	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP07	64	2,907	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	65	2,142	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	66	2,500	B	Subhedral	Prismático	alta	Rosado	Opaco
CPIP07	67	7,630	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	68	2,823	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	69	1,673	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP07	70	2,878	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	71	2,038	B	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	72	1,954	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP07	73	2,211	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	74	2,406	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	75	1,985	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido

CPIP07	76	1,807	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP07	77	2,392	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP07	78	2,238	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	79	2,689	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	80	1,654	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP07	81	2,228	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	1	1,745	A	Subhedral	Bipiramidal	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP08	2	1,682	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP08	3	2,177	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	4	2,435	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	5	2,803	B	Subhedral	Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP08	6	2,624	B	Subhedral	Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP08	7	3,943	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP08	8	1,914	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	9	2,312	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP08	10	3,395	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	11	2,415	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	12	2,012	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	13	3,457	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	14	2,612	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	15	5,397	C	Subhedral	Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP08	16	1,763	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	17	2,422	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	18	2,022	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco

CPIP08	19	3,288	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	20	2,654	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP08	21	2,706	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	22	3,058	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	23	1,643	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	24	1,892	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	25	2,889	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	26	2,268	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	27	2,204	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	28	2,369	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	29	2,146	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP08	30	8,784	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	31	2,375	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	32	2,700	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP08	33	1,487	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP08	34	1,969	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	35	1,961	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	36	2,526	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	37	2,638	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	38	2,225	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	39	2,722	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	40	2,708	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido

CPIP08	41	3,605	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	42	3,816	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP08	43	3,917	B	Subhedral	Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	44	1,895	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP08	45	1,594	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	46	2,736	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	47	1,785	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	48	3,927	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Traslúcido
CPIP08	49	1,933	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP08	50	2,924	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP08	51	3,889	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	52	2,314	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	53	2,617	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	54	2,507	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	55	2,429	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Opaco
CPIP08	56	2,236	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	57	1,715	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	58	3,191	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	59	2,827	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	60	3,069	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	61	1,855	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	62	2,041	B	Subhedral	Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco

CPIP08	63	3,005	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	64	1,656	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP08	65	5,075	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	66	1,564	A	Subhedral	Bipiramidal	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	67	2,597	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	68	2,925	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	69	1,708	A	Anhedral	No se distingue	Media	Rosado	Opaco
CPIP08	70	1,915	A	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP08	71	2,026	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	72	2,332	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	73	6,117	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	74	2,517	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	75	2,557	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	76	2,380	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Traslúcido
CPIP08	77	2,358	B	Anhedral	No se distingue	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	78	2,496	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	79	1,529	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP08	80	7,025	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	81	8,536	C	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	82	2,641	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Traslúcido
CPIP08	83	3,743	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	84	2,920	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido

CPIP08	85	3,903	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	86	3,007	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	87	2,077	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	88	2,140	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	89	2,047	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Opaco
CPIP08	90	2,831	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Opaco
CPIP08	91	3,841	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Traslúcido
CPIP08	92	2,454	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Incoloro	Opaco
CPIP08	93	2,651	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Rosado	Traslúcido
CPIP08	94	3,050	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Semi-opaco
CPIP08	95	1,828	A	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	96	2,186	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	97	3,128	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Baja	Incoloro	Opaco
CPIP08	98	2,257	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Semi-opaco
CPIP08	99	2,205	B	Euhedral	Bipiramidal-Prismático	Alta	Rosado	Opaco
CPIP08	100	3,386	B	Subhedral	Bipiramidal-Prismático	Media	Rosado	Semi-opaco

## **Anexo D**

Principales observaciones de circones en imágenes CL

Muestra	Número del circón	Forma	Cantidad relativa de surcos en la superficie	Textura interna	Cantidad relativa de bandas	Interrupción de zonación	Espesor relativo de las bandas	Observaciones
CPIP01	1	B-P	Bajo	Zonada	Media	si		En uno de los bordes la zonación "entra" hacia el centro homogéneo.
CPIP01	2	P	Bajo	Zonada	Media	no		No concéntrica
CPIP01	4	P?	No	Zonada				No concéntrica
CPIP01	5	B-P	Bajo	Zonada	Media			Posee agujeros
CPIP01	7	B-P	Medio	Irregular				
CPIP01	8	P	Bajo	Zonada	alta			
CPIP01	9	A	Bajo	Zonada	baja	si	grueso	Los bordes están carcomidos.
CPIP01	10	P	Bajo	Zonada	baja	no	grueso	No concéntrica
CPIP01	11	B-P	Medio	Homogénea				Le faltan trozos al cristal
CPIP01	12	B-P	No	Zonada	media	si	delgada a gruesa	zonación no concéntrica
CPIP01	13	P	Bajo	Zonada	media	no	Delgada a intermedia	
CPIP01	14	P	Medio	Homogénea				
CPIP01	15	B-P	Bajo	Zonada	alta	no	delgada	zonación no concéntrica
CPIP01	16	B-P	No	Zonada	media	no	intermedias	
CPIP01	17	P	No	Zonada	baja	no	delgadas	Centro homogéneo. No concéntrica
CPIP01	18	B-P	Bajo	Zonada	media	si	Delgada a intermedia	Zonación irregular
CPIP01	19	P	Bajo	Zonada	baja	no	delgada	
CPIP01	20	P	Bajo	Zonada	baja	no	gruesa	
CPIP01	21	B-P	No	Zonada	media	no	Delgada a intermedia	
CPIP01	22	P	Bajo	Zonada	baja	no	delgada a muy gruesa	
CPIP01	23	B-P	No	Zonada	baja	no	Muy delgada a muy gruesa	

CPIP01	24	B-P	Alto	Irregular				
CPIP01	25	B-P	Bajo	Zonada	media	no	delgadas a intermedias	
CPIP01	26	B-P	Bajo	Zonada	baja	no	intermedia	
CPIP01	27	A	no	Irregular				Superficie irregular
CPIP01	28	B-P	No	Zonada	media	si	Muy delgada a muy gruesa	
CPIP01	29	P	No	Homogénea				Se observa un cambio de tono en uno de los bordes, pero posiblemente no corresponde a una zonación
CPIP01	30	B-P	No	Homogénea				Puede que exista una zonación, pero sería muy leve y debido al alto grado de rayado del cristal no es posible identificarla
CPIP01	31	B-P	No	Zonada	baja	no	gruesa	
CPIP01	32	B	No	Zonada	media	no	delgadas a gruesas	
CPIP01	33	A	No	Zonada	baja	no	gruesa	La banda de los bordes sigue una forma extraña que rodea una posible inclusión o corresponde a reabsorción.
CPIP01	34	B-P	No	Zonada	Intermedia	si	delgadas a gruesas	
CPIP01	35	B-P	No	Zonada	intermedia	no	intermedio	
CPIP01	36	B-P	No	Zonada	alta	si	muy delgadas a gruesas	Le falta un trozo en uno de los bordes.
CPIP01	37	P	Bajo	Zonada	baja	no	gruesa	"Surcos" se observan solo en uno de los bordes laterales. Zonación no concéntrica
CPIP01	38	B-P	Bajo	Zonada	baja	si	gruesas a delgadas	
CPIP01	39	B-P	No	Zonada	alta	si	delgado a muy delgada	Le falta un trozo en uno de los bordes. Zonación no concéntrica.
CPIP01	40	P	No	Homogénea				Se observa un cambio de tono en el centro, pero puede no ser zonación.
CPIP01	41	B-P	bajo	Zonada	baja	no	gruesa	
CPIP01	42	B-P	Bajo	Zonada	baja	no	intermedia	

CPIP01	43	B-P	No	Zonada	baja	si	Delgada a intermedia	
CPIP01	44	A	Bajo	Homogénea				
CPIP01	45	P	No	Zonada	baja	si	delgada	
CPIP01	46	P	No	Zonada				No se distingue una zonación clara, pero hay una línea que divide al cristal en dos tonalidades de grises.
CPIP01	47	B-P	Bajo	Zonada	baja	no	delgadas a gruesas	Zonas más oscuras en algunas partes del cristal
CPIP01	48	P	Bajo	Zonada	baja	no	intermedia a gruesa	zonación no concéntrica
CPIP01	50	P	No	Homogénea				
CPIP01	51	P	No	Zonada				Pareciera haber zonación, pero la imagen de SE muestra que podría deberse a un cambio de relieve, parece no estar pulido.
CPIP01	53	A	Bajo	Homogénea				Pareciera haber una zonación, pero posiblemente es un efecto del relieve
CPIP01	54	A	No	Homogénea				Está destruido.
CPIP01	55	P	No	Homogénea				
CPIP01	56	P	No	Zonada	baja	si	delgadas a intermedias	
CPIP01	57	P	Bajo	Homogénea				Está destruido.
CPIP01	58	B-P	No	Zonada	intermedia	si	delgadas a gruesas	zonación no concéntrica
CPIP01	59	B-P	Bajo	Zonada	baja	si	delgadas	
CPIP01	60	B-P	Bajo	Zonada	baja	no	gruesas	
CPIP01	61	B-P	No	Zonada	baja	no	gruesa a delgada	
CPIP01	62	A	No	Homogénea				no se ve bien
CPIP01	63	A	No	Homogénea				no se ve bien
CPIP01	65	B-P	No	Homogénea				
CPIP01	67	P	No	Zonada				Se distingue una leve zonación en una de las bases del prisma, pero no se observa

								una continuidad de las bandas.
CPIP02	1	P		Irregular				
CPIP02	2	B-P		zonada	media	si	Delgada a gruesa	
CPIP02	3	B-P		zonada	media	si	Delgada a gruesa	Los bordes están corroídos
CPIP02	4	B-P		zonada	media	si	delgadas a intermedia	Los bordes están corroídos. Zonación no concéntrica
CPIP02	5	p		zonada	baja	si	muy delgadas a gruesas	Los bordes están corroídos
CPIP02	6	B-P		zonada	baja	no	gruesas	Los bordes están corroídos. Circón roto en el centro.
CPIP02	7	B-P		zonada	baja	no	delgadas a gruesas	Los bordes están corroídos. La zona central es amorfa.
CPIP02	8	B-P		zonada	media	si	delgadas	Los bordes están corroídos
CPIP02	9	P		zonada	baja	si	intermedia a gruesa	zonación no concéntrica
CPIP02	10	A		Irregular				Pareciera haber una parte de una banda, pero la textura del resto del cristal hace imposible asegurarlo.
CPIP02	11	B-P		zonada	baja	no	delgados a intermedios	
CPIP02	12	B-P		zonada	baja	no	gruesas	Los bordes están corroídos
CPIP02	13	p		zonada	baja	si	muy delgada	Los bordes están corroídos
CPIP02	14	p		homogénea				
CPIP02	15	B-P		zonada	alta	si	Muy delgada a gruesa	
CPIP02	16	B-P		zonada	media	si	Media a gruesa	
CPIP02	17	B-P		zonada	baja	no se distingue	delgadas	No concéntrica
CPIP02	18	B-P		no se distingue				Se observan manchas en algunas partes del cristal.
CPIP02	19	B-P		zonada	baja	no se	intermedio	

						distingue		
CPIP02	20	B-P		zonada	media	si	Delgada a gruesa	Los bordes están corroídos
CPIP02	21	p		zonada	alta	si	muy delgadas a gruesas	
CPIP02	22	B-P						Se observa manchado
CPIP02	23	B-P		zonada				Se observa manchado
CPIP02	24	p		zonada	baja	si	delgadas	zonación no concéntrica
CPIP02	25	B-P		zonada	alta	si	muy delgadas a gruesas	zonación no concéntrica
CPIP02	26	B-P		zonada	baja	si	delgadas a gruesas	Los bordes están corroídos. Zonación no concéntrica
CPIP02	27	B-P		zonada	alta	sí	delgado	Centrada en un borde
CPIP02	28	B-P		Irregular				
CPIP02	29	P		Irregular				
CPIP02	30	B-P		Irregular				
CPIP02	31	P		Zonada	baja	no	intermedio	
CPIP02	32	B-P		Zonada	baja	sí	intermedio	
CPIP02	33	B-P		Irregular				
CPIP02	34	B-P		Zonada	baja	sí	grueso e intermedio	
CPIP02	35	B-P		Irregular				
CPIP02	36	B-P		Irregular				
CPIP02	37	B-P		Zonada	Media	sí	Grueso a delgado	No se observa el centro
CPIP02	38	B-P		Zonada	Alta	sí	Muy delgado a intermedio	
CPIP02	39	B-P		Zonada	Baja	no	Grueso	
CPIP02	40	B-P		Zonada	Media	no	Muy delgada a intermedia	
CPIP02	41	B-P		Irregular				
CPIP02	42	A		no se distingue				
CPIP02	43	B-P		Irregular				Puede haber zonación, pero no se distingue

								claramente
CPIP02	44	A		no se distingue				
CPIP02	45	P		Zonada	baja	no	Muy grueso	
CPIP02	46	P		Zonada	baja	sí	Intermedia	
CPIP02	47	P		Zonada	Baja	no	Gruesa a muy gruesa	Hay como una "reabsorción de la banda externa"
CPIP02	48	A		Irregular				
CPIP02	49	A		Zonada	Alta	no	Delgada a muy delgada	Está centrada en uno de los bordes
CPIP02	50	B-P		homogénea				
CPIP02	51	B-P		Irregular				
CPIP02	52	P		Irregular				
CPIP02	53	P		zonada	Baja	no	Gruesa	Centrada en un borde
CPIP02	54	B-P		zonada	Baja	no	Media a gruesa	
CPIP02	55	B-P		Irregular				Puede ser pero no se distingue claramente
CPIP02	56	B-P		zonada	Intermedia	sí	Delgada a gruesa	
CPIP02	57	A		Irregular				
CPIP02	58	B		zonada	Baja	no	Delgada a gruesa	
CPIP02	59	B-P		zonada	Intermedia	sí	Delgada a muy delgada	
CPIP02	60	B-P		Irregular				
CPIP03	1	B-P		zonada	Intermedia	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	2	B-P		zonada	Alta	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	3	B		homogénea				
CPIP03	4	P		homogénea				
CPIP03	5	P		homogénea				
CPIP03	6	P		zonada	Baja	no	Muy delgada	

							a muy gruesa	
CPIP03	7	B-P		zonada	Intermedia	Sí	Muy delgada a delgada	No tiene centro distinguible
CPIP03	8	B-P		zonada	Baja	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	9	P		zonada	Intermedia	sí	Muy delgada a muy gruesa	
CPIP03	10	P		homogénea				
CPIP03	11	B-P	Alto	zonada	Alta	sí	Muy delgada a muy gruesa	
CPIP03	12	B-P		homogénea				
CPIP03	13	B-P		homogénea				
CPIP03	14	B-P		Irregular				
CPIP03	15	B-P		zonada	Baja	no	Muy gruesa a gruesa	
CPIP03	16	B-P		zonada	Alta	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	17	B-P		homogénea				
CPIP03	18	B-P		homogénea				
CPIP03	19	B-P		Zonada	Intermedia	no	Muy delgada a intermedia	
CPIP03	20	A		Zonada	Alta	no	Muy delgada a intermedia	Centrada en un borde
CPIP03	21	B-P		Zonada	Media	no	Grueso a delgada	
CPIP03	22	B-P		Zonada	Alta	no	Muy delgada a delgada	
CPIP03	23	P		Homogénea				
CPIP03	24	B-P		Zonada	Intermedia	no	Muy delgada a intermedia	
CPIP03	25	B-P		Zonada	Alta	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	26	A		Homogénea				
CPIP03	27	B-P		Homogénea				Podría haber zonación, pero no se distingue

								bien
CPIP03	28	B-P		Zonada	Baja	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	29	P		Zonada	Baja	no	Muy delgada a gruesa	Centrada en un borde
CPIP03	30	B-P		Zonada	Intermedia	no	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	31	B-P		Irregular				
CPIP03	32	B-P		Zonada	Baja	sí	Gruesa a intermedia	
CPIP03	33	B-P		Zonada	Alta	no	Muy delgada a delgada	
CPIP03	34	A		homogénea				
CPIP03	35	B-P		Zonada	Baja	sí	intermedia a gruesa	
CPIP03	36	P		Zonada	baja	sí	Delgada a intermedia	
CPIP03	37	P		Zonada	Intermedia	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	38	P		homogénea				
CPIP03	39	P		Zonada	Intermedia	sí	Muy delgada a intermedia	No se ve el centro de la zonación
CPIP03	40	B-P	Alto	zonada	Alta	sí	Muy delgada a delgada	Zonación centrada hacia el borde
CPIP03	41	P		homogéneo				
CPIP03	42	B-P		zonada	intermedia	sí	Delgadas a muy gruesa	Hay una "reabsorción" entre bandas
CPIP03	43	B-P	media	homogéneo				
CPIP03	44	B-P		zonada	intermedia	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	45	B-P		zonada	Alta	sí	Muy delgada a gruesa	Tiene posible "reabsorción" entre bandas
CPIP03	46	A		homogéneo				
CPIP03	47	B-P		Irregular				Tiene un hoyo

CPIP03	48	B-P		zonada	Baja	sí	intermedia a muy gruesa	
CPIP03	49	B-P		Irregular				
CPIP03	50	P		zonada	Baja	Sí	Muy delgada a gruesa	No se distingue claramente el centro de la zonación
CPIP03	51	A		homogénea				
CPIP03	52	P		homogénea				
CPIP03	61	P		homogénea				
CPIP03	62	A		zonada	baja	sí	Intermedia a gruesa	
CPIP03	63	A		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP03	64	A		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP03	65	A		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP03	66	B-P		zonada	baja	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	67	B-P		zonada	intermedia	no	Intermedia a gruesa	
CPIP03	68	P		zonada	intermedia	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	69	A		homogénea				
CPIP03	70	P	media	homogénea				
CPIP03	71	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP03	72	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP03	73	B-P		homogénea				
CPIP03	74	A		homogénea				
CPIP03	75	A		homogénea				
CPIP03	76	B-P		zonada	intermedia	sí	Muy delgada a gruesa	
CPIP03	77	P		homogénea				

CPIP03	78	B-P		zonada	intermedia	sí	delgada a muy gruesa	
CPIP03	79	B-P		homogénea				
CPIP03	80	B		homogénea				
CPIP04	2	P		zonada	baja	sí	gruesa	no se distingue el centro de la zonación
CPIP04	3	B-P		zonada	intermedia	no	muy delgada a muy gruesa	
CPIP04	4	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada intermedia	
CPIP04	5	B-P		zonada	baja	sí	delgada a gruesa	tiene un hoyo
CPIP04	6	A		homogénea				
CPIP04	7	A		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	no se distingue el centro de la zonación
CPIP04	8	A		homogénea				
CPIP04	10	B-P		zonada	baja	sí	intermedia a muy gruesa	
CPIP04	11	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP04	12	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP04	13	A		homogénea				
CPIP04	14	P		zonada	baja	no	gruesa a muy gruesa	el centro tiene forma cuadrada
CPIP04	15	P		homogénea				
CPIP04	16	P		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP04	17	P		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP04	18	P	media	homogénea				
CPIP04	19	A		homogénea				
CPIP04	20	B-P		zonada	baja	no	muy delgada a gruesa	
CPIP04	21	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a	

							gruesa	
CPIP04	22	B-P	media	homogénea				
CPIP04	23	B-P	baja	zonada	baja	no	muy delgada a gruesa	
CPIP04	24	A		zonada	baja	no	muy delgada a muy gruesa	
CPIP04	25	A		homogénea				
CPIP04	26	B-P	baja	zonada	baja	no	intermedia a gruesa	
CPIP04	27	B-P		homogénea				
CPIP04	28	A		homogénea				
CPIP04	29	B-P		zonada	baja	no	muy delgada a gruesa	intermedia
CPIP04	30	B-P		zonada	baja	sí	gruesa a muy gruesa	Tiene "reabsorción"
CPIP04	31	B-P	media	Irregular				
CPIP04	32	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP04	33	A		homogénea				
CPIP04	34	B-P		zonada	baja	no	gruesa a muy gruesa	
CPIP04	35	B-P		zonada	baja	no	intermedia a gruesa	
CPIP04	38	B-P		zonada	baja	no	muy delgada a intermedia	
CPIP04	39	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP04	40	P	media	zonada	baja	no	gruesa a muy gruesa	no se distingue el centro
CPIP04	41	P	alta	zonada	baja	sí	delgada a gruesa	
CPIP04	42	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP04	43	A	media	homogénea				
CPIP04	44	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada	

							a delgada	
CPIP04	45	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP04	46	P		homogénea				
CPIP04	47	B-P	baja	zonada	baja	sí	gruesa	Tiene "reabsorción"
CPIP04	48	A	media	zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP04	49	A	media	homogénea				
CPIP04	51	B-P	media	zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP04	52	B-P	media	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP04	53	P		zonada	baja	sí	delgada a intermedia	
CPIP04	54	P		zonada	baja	sí	delgada a gruesa	
CPIP04	55	A		zonada	intermedia	no	muy delgada	está roto
CPIP04	56	A		homogénea				
CPIP04	57	A		zonada	intermedia	no	muy delgada a gruesa	
CPIP04	59	P		Irregular				
CPIP04	60	A		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP04	64	B-P		homogénea				
CPIP04	65	B-P		zonada	baja	sí	delgada a muy gruesa	el centro está corrido
CPIP04	66	B-P		zonada	intermedia	no	muy delgada a delgada	
CPIP04	67	A	baja	homogénea				
CPIP04	68	P	alta	Irregular				
CPIP04	69	B-P		homogénea				
CPIP04	70	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP04	71	B-P	alta	zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	

CPIP05	1	P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a delgada	
CPIP05	2	B-P	media	Irregular				
CPIP05	3	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP05	4	A		homogénea				
CPIP05	5	A		zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP05	6	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada	
CPIP05	7	A		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP05	8	P		zonada	baja	no	intermedia	
CPIP05	9	B-P	baja	Irregular				puede que esté zonado, no se ve bien
CPIP05	10	A		homogénea				
CPIP05	11	P	media	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP05	12	P	baja	homogénea				
CPIP05	13	P	baja	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP05	14	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP05	15	B-P		homogénea				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP05	16	B-P	media	Irregular				
CPIP05	17	A		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP05	18	B-P		zonada	alta	no	muy delgada a intermedia	está cortado
CPIP05	19	B-P		zonada	intermedia	no	muy delgada a intermedia	
CPIP05	20	B-P		zonada	baja	sí	intermedia a muy gruesa	
CPIP05	21	A	media	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP05	23	B-P		zonada	intermedia	no	muy delgada a intermedia	
CPIP05	24	P		zonada	baja	no	delgada a gruesa	
CPIP05	25	B-P	baja	zonada	baja	no	muy delgada a muy gruesa	

CPIP05	26	B-P	baja	zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP05	27	P	media	Irregular				
CPIP05	28	P	baja	Irregular				
CPIP05	29	A	baja	zonada	baja	no	gruesa	
CPIP05	30	P		homogénea				
CPIP05	31	B-P	baja	Irregular				puede que esté zonada, pero no se ve bien
CPIP05	32	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	la zonación comienza en uno de las bases del cx
CPIP05	33	B-P	baja	zonada	baja	no	muy delgada a delgada	
CPIP05	34	P	baja	zonada	baja	sí	delgada a intermedia	
CPIP05	35	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero se ve con manchas, probablemente debido a la baja integridad del cristal
CPIP05	36	B-P	media	Irregular				
CPIP05	37	B-P	baja	Irregular				puede que esté zonada, pero no se ve bien
CPIP05	38	A	baja	Irregular				
CPIP05	39	B-P	baja	zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP05	41	A		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP05	42	B-P	media	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP05	43	B-P	media	Irregular				
CPIP05	44	B-P	baja	zonada	baja	no	muy delgada a intermedia	
CPIP05	45	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP05	46	A	baja	Irregular				
CPIP05	47	B-P		zonada	intermedia	no	muy delgada a intermedia	
CPIP05	49	A	baja	Irregular				

CPIP05	50	B-P	baja	homogénea				
CPIP05	51	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP05	52	B-P	media	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP05	53	B-P		Irregular	baja	sí	muy delgada a delgada	
CPIP05	54	B-P	baja	zonada	intermedia	sí	muy delgada a delgada	
CPIP05	55	B-P		Irregular				
CPIP05	56	B-P	baja	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP05	57	A	alta	Irregular				
CPIP05	58	B-P	baja	zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP05	59	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP05	60	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP05	61	A		zonada	intermedia	no	muy delgada a muy gruesa	
CPIP05	62	P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP05	63	P	alta	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP05	64	B-P	baja	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP05	65	P		homogénea				
CPIP05	66	B-P	alta	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP05	67	B-P	alta	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP05	68	B-P		zonada	baja	sí	muy gruesa	
CPIP05	69	B-P	baja	zonada	baja	sí	muy delgada a delgada	
CPIP05	70	P	media	Irregular				
CPIP05	71	P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP05	72	B-P	alta	Irregular				
CPIP05	73	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a	

							intermedia	
CPIP05	75	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP05	76	B-P	media	Irregular				
CPIP05	77	B-P	baja	zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP05	78	P	baja	zonada	baja	sí	delgada	
CPIP05	79	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP05	80	A		zonada	baja	sí	muy gruesa	
CPIP05	81	P		zonada	baja	sí	gruesa a delgada	
CPIP05	82	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP05	83	P	alta	Irregular				
CPIP05	84	P	alta	Irregular				
CPIP05	85	P	baja	Irregular				
CPIP05	86	A	baja	Irregular				
CPIP05	87	B-P	baja	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP05	88	P	baja	Zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP05	89	B-P	alta	Irregular				
CPIP05	90	B-P	media	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP06	1	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP06	2	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP06	3	A		zonada				no se distingue porque es un pedazo
CPIP06	4	B-P	baja	Irregular				
CPIP06	5	B-P	alta	Irregular				
CPIP06	6	A	baja					puede que sea zonado, pero no se ve bien

CPIP06	7	B-P		zonada	baja	sí	delgada a gruesa	
CPIP06	8	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP06	9	P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP06	10	P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP06	12	P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP06	14	A	baja	homogénea				
CPIP06	15	A	alta	no se ve bien				
CPIP06	16	A	media	homogénea				
CPIP06	17	P		zonada	baja	sí	delgada a muy gruesa	
CPIP06	18	A	baja	homogénea				
CPIP06	19	P		zonada	baja	sí	gruesa	no se ve bien
CPIP06	20	P		homogéneo				
CPIP06	21	B-P	baja	homogéneo				puede que esté zonada
CPIP06	22	P	alta	Irregular				
CPIP06	23	A	media	zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	está manchado
CPIP06	24	A		no se ve bien				
CPIP06	26	P		Irregular				
CPIP06	27	A		zonada	baja	no	gruesa	está roto
CPIP06	28	P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	está con manchas
CPIP06	29	P		homogénea				
CPIP06	30	A		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP06	31	B-P	media	zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP06	32	A	baja	zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	

CPIP06	33	A	baja	Irregular				
CPIP06	34	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a gruesa	las zonaciones están corridas
CPIP06	35	A		zonada	baja	sí	gruesa	está roto
CPIP06	36	B?		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP06	37	B-P	baja	zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP06	38	P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP06	39	B-P	alta	Irregular				
CPIP06	40	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP06	41	P	media	Irregular				
CPIP06	42	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP06	43	A	baja	zonada	baja	no	gruesa	
CPIP06	44	A	media	Irregular				
CPIP06	45	P		zonada	baja	no	gruesa	
CPIP06	46	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a muy gruesa	la zonación se centra más cerca de una de las bases
CPIP06	47	A		zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP06	48	B?	baja	zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	no se ve bien porque está manchada
CPIP06	49	P	media	homogénea				
CPIP06	50	P		homogénea				
CPIP06	51	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a delgada	
CPIP06	52	P		zonada	baja	sí	gruesa	no se ve bien
CPIP06	53	B-P		homogénea				puede que haya zonación, pero no se ve bien

CPIP06	54	B-P	media	Irregular				está zonada, pero no se ve bien porque está manchado
CPIP06	55	B-P	media	Irregular				está zonada, pero no se ve bien porque está manchado
CPIP06	57	B-P	baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP06	58	B-P	alta	Irregular				
CPIP06	59	A		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	no se ve bien
CPIP06	60	B-P		zonada	intermedia	sí	intermedia a gruesa	
CPIP06	61	P	media	Irregular				no se ve bien porque está manchada
CPIP06	62	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP06	63	B-P		homogénea				tiene una mancha muy grande
CPIP07	1	P	media	zonada	baja	sí	intermedia a gruesa	
CPIP07	2	B-P	baja	zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP07	3	A						puede que esté zonado
CPIP07	4	P	media	zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP07	5	P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP07	6	B-P		zonada	intermedia	no	muy delgada a intermedia	
CPIP07	7	B-P	baja	homogénea				Podría estar zonado
CPIP07	8	A	baja	zonada	baja	no	muy gruesa	
CPIP07	9	A		zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP07	10	B-P			baja	sí	delgada a muy delgada	está manchado
CPIP07	11	A		homogénea				
CPIP07	12	P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	Está manchado
CPIP07	13	B-P		zonada	intermedia	no	muy delgada a intermedia	

CPIP07	14	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP07	15	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP07	16	A		homogénea				
CPIP07	17	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP07	18	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP07	19	B-P	alta	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP07	20	B	baja	zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP07	21	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	gruesa	está manchado, no se ve bien
CPIP07	22	B	baja	Irregular				
CPIP07	23	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP07	24	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP07	25	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP07	26	B-P	muy baja	homogénea				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP07	27	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP07	28	B-P	media	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP07	29	P	alta	Irregular				
CPIP07	30	B-P		zonada	media	sí	intermedia	
CPIP07	31	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a delgada	
CPIP07	32	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a muy gruesa	Está raro. Tiene 2 centros de zonación
CPIP07	33	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP07	34	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a	Zonación no concéntrica.

							delgada	
CPIP07	35	P		homogénea				
CPIP07	36	P	alta	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP07	37	B-P		zonada	intermedia	sí	delgada a intermedia	
CPIP07	38	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP07	39	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP07	40	B-P		zonada	baja	no	intermedia a muy gruesa	
CPIP07	41	B		homogénea				
CPIP07	42	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP07	43	P	muy baja	homogénea				
CPIP07	44	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP07	45	B-P		zonada	baja	no	muy delgada a muy gruesa	
CPIP07	46	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a delgada	
CPIP07	47	P	media	Irregular				
CPIP07	48	P		zonada	baja	sí	muy delgada a delgada	
CPIP07	49	A		zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	Está raro (¿2 circones pegados?)
CPIP07	50	P	media	Irregular				
CPIP07	51	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP07	52	P	baja	homogéneo				
CPIP07	53	B-P	muy baja	Irregular				
CPIP07	54	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien con las manchas
CPIP07	55	A		zonada	baja	sí	gruesa	

CPIP07	56	B-P	muy baja	zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	se ve manchado
CPIP07	57	P	muy baja	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP07	58	P	muy baja	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP07	59	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP07	60	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP07	61	B-P	media	Irregular				está zonado, pero se ve mal por las manchas
CPIP07	62	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP07	63	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	delgada a muy gruesa	
CPIP07	64	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP07	65	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP07	66	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP07	67	P		zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP07	68	P	baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP07	69	P		homogénea				
CPIP07	70	B-P	muy baja	homogénea				
CPIP07	71	P	baja	homogénea				
CPIP07	72	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP07	73	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP07	74	B-P	baja	Irregular				
CPIP07	75	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP07	76	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	delgada a muy gruesa	Zonación no concéntrica

CPIP07	77	B-P	baja	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP07	78	B-P	muy baja	Irregular				
CPIP07	79	B-P	baja	homogénea				está con manchas
CPIP07	80	B-P	muy baja	homogénea				
CPIP07	81	B-P	muy baja	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP08	1	B		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP08	2	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	muy gruesa	
CPIP08	3	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	zonación no centrada
CPIP08	4	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	5	P		homogénea				
CPIP08	6	P		zonada	media	sí	intermedia a gruesa	
CPIP08	7	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	8	B-P	muy baja	Irregular				está zonada, pero se ve mal por las manchas
CPIP08	9	B-P		zonada	baja	sí	delgada a muy gruesa	
CPIP08	10	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	zonación no centrada
CPIP08	11	A	baja	zonada				no se ve bien
CPIP08	12	P		homogénea				
CPIP08	13	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	14	B-P		zonada	alta	no	muy delgada a delgada	
CPIP08	15	P		zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP08	16	B-P		zonada	baja	no	muy delgada	
CPIP08	17	P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	18	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	

CPIP08	19	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	20	P		homogénea				
CPIP08	21	B-P	muy baja	homogénea				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP08	22	P		zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	23	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	24	B-P		homogénea				puede que haya zonación, pero no se ve bien
CPIP08	25	P		zonada	baja	sí	delgada	
CPIP08	26	B-P		zonada	baja	sí	muy gruesa	
CPIP08	27	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP08	28	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	está con manchas
CPIP08	29	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	30	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	31	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	32	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	Zonación no concéntrica
CPIP08	33	P		zonada	baja	sí	intermedia a gruesa	
CPIP08	34	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	35	B-P		zonada	baja	sí	delgada a intermedia	
CPIP08	36	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	37	B-P		homogénea				
CPIP08	38	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a	

							muy gruesa	
CPIP08	39	P		homogénea				
CPIP08	40	B-P		homogénea				
CPIP08	41	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP08	42	B-P		homogénea				
CPIP08	43	P		homogénea				
CPIP08	44	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	45	B-P		zonada	media	sí	intermedia a gruesa	la zonación no está centrada, parece que hay reabsorción
CPIP08	46	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	47	B-P		zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP08	48	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	está rara (¿más de un círculo?)
CPIP08	49	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	50	B-P		zonada	baja	sí	intermedia	no se ve muy bien
CPIP08	51	P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP08	52	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP08	53	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	54	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	55	B-P	muy baja	zonada	baja	no	muy gruesa	Presenta "reabsorción"
CPIP08	56	B-P	muy baja	zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	no se ve bien porque está manchado
CPIP08	57	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a delgada	
CPIP08	58	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada	
CPIP08	59	B-P		zonada	alta	no	muy delgada a intermedia	

CPIP08	60	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP08	61	P	muy baja	zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP08	62	B-P	media	Irregular				
CPIP08	63	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	64	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP08	65	B-P	media	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	no se ve bien por las manchas
CPIP08	66	P		homogénea				
CPIP08	67	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP08	68	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	no está centrada, la zonación
CPIP08	69	P	baja	homogénea				
CPIP08	70	B-P		zonada	baja	no	delgada a gruesa	
CPIP08	71	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada	
CPIP08	72	B-P	media	Irregular				está zonado, pero se ve mal por las manchas
CPIP08	73	B-P	alta	Irregular				
CPIP08	74	B-P	media	Irregular				está zonado, pero se ve mal por las manchas
CPIP08	75	P		homogénea				
CPIP08	76	B-P	media	Irregular				puede que esté zonada, pero no se ve bien
CPIP08	77	A		homogénea				
CPIP08	78	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	hay algo raro en la interrupción de la zonación
CPIP08	79	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP08	80	P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	81	B-P		zonada	intermedia	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	82	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a	

							intermedia	
CPIP08	83	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero se ve mal por las manchas
CPIP08	84	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP08	85	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP08	86	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	el centro está corrido
CPIP08	87	P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP08	88	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	89	P		zonada	baja	sí	intermedia a muy gruesa	
CPIP08	90	P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP08	91	B-P	media	Irregular				
CPIP08	92	B-P	baja	Irregular				
CPIP08	93	B-P	alta	Irregular				
CPIP08	94	B-P	alta	Irregular				
CPIP08	95	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP08	96	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP08	97	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien con las manchas
CPIP08	98	P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	no se ve bien
CPIP08	99	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP08	100	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP10	1	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP10	2	B-P	alta	zonada	baja	sí	intermedia	no se ve bien por las manchas
CPIP10	3	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	

CPIP10	4	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	5	B-P	baja	zonada	media	no	muy delgada a intermedia	
CPIP10	6	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	7	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP10	8	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	9	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	10	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	11	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a delgada	
CPIP10	12	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	13	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP10	14	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	15	A		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP10	16	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP10	17	B-P	muy baja	zonada	media	no	muy delgada a gruesa	
CPIP10	18	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	la zonación no está centrada
CPIP10	19	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	20	B-P		zonada	media	sí	delgada a muy gruesa	
CPIP10	21	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	

CPIP10	22	B-P		homogénea				
CPIP10	23	B-P	baja	zonada	media	no	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	24	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	25	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP10	26	B-P		zonada	alta	no	muy delgada a gruesa	
CPIP10	27	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	28	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	la zonación no está centrada
CPIP10	29	A		zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	30	B-P	media	zonada				se ve manchado
CPIP10	31	B-P	media	homogénea				
CPIP10	32	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	33	B-P	baja	zonada	baja	sí	muy gruesa a intermedia	
CPIP10	34	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	35	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP10	36	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP10	37	B-P		zonada	baja	no	muy delgada a gruesa	
CPIP10	38	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien con las manchas
CPIP10	39	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	Zonación no concéntrica
CPIP10	40	B-P		zonada	alta	no	muy delgada a delgada	

CPIP10	41	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP10	42	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP10	43	B-P	muy baja	zonada	alta	no	muy delgada	la zonación no está centrada
CPIP10	44	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	45	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	intermedia a muy gruesa	
CPIP10	46	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	47	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP10	48	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP10	49	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	la zonación no está centrada
CPIP10	50	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien con las manchas
CPIP10	51	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	52	B-P	baja	zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	54	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a delgada	
CPIP10	55	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada	
CPIP10	56	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada delgada	
CPIP10	57	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	58	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	59	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	60	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	

CPIP10	61	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	62	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	63	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	64	P		zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	65	P		zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP10	66	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	67	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada	
CPIP10	68	P		zonada	alta	sí	muy delgada	
CPIP10	69	A		homogéneo				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP10	70	P		zonada	baja	sí	intermedia	no se ve bien
CPIP10	71	B-P	alta	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP10	72	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	73	B-P	media	zonada	media	sí	muy baja a gruesa	está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP10	74	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	75	B-P	alta	homogéneo				
CPIP10	76	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada	
CPIP10	77	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP10	78	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	79	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	80	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP10	81	P		homogéneo				no se ve bien
CPIP10	82	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	

CPIP10	83	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP10	84	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	85	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada	
CPIP10	86	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	87	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP10	88	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP10	89	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP10	90	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	no se ve bien
CPIP10	91	P		zonada	baja	sí	delgada	
CPIP10	92	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP10	93	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP10	94	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	la zonación no está centrada
CPIP10	96	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP10	97	B-P	alta	Irregular				está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP10	98	P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada	no se ve bien
CPIP10	99	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	la zonación no está centrada
CPIP10	100	P	baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP11	1	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP11	2	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	se ve mal
CPIP11	3	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a gruesa	la zonación no está centrada

CPIP11	4	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada	
CPIP11	5	P		zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP11	6	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	la zonación no está centrada
CPIP11	7	B-P		zonada	baja	sí	intermedia	
CPIP11	8	B-P		zonada	baja	sí	muy gruesa	
CPIP11	9	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	10	P	baja	homogéneo				
CPIP11	11	B-P	alta	Irregular	media	sí	muy delgada a muy gruesa	está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	12	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	13	B-P		zonada	baja	sí	delgada a gruesa	
CPIP11	14	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	15	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP11	16	P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	Pareciera tener 2 centros de zonación
CPIP11	17	B-P		zonada	media	no	muy delgada a delgada	
CPIP11	18	B-P	alta	Irregular	baja	sí	muy delgada a intermedia	está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	19	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP11	20	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	21	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	la zonación no está centrada
CPIP11	22	B-P	baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP11	23	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	

CPIP11	24	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP11	25	B-P		zonada	baja	no	muy delgada	
CPIP11	26	B-P	baja	zonada	baja	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	27	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	28	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	29	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	30	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	31	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP11	32	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP11	33	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	34	B-P	baja	homogéneo				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP11	35	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	36	B-P	alta	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP11	37	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	38	P	media	homogéneo				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP11	39	B-P	media	Irregular	alta	sí	muy delgada a delgada	está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	40	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	41	A	media	Irregular				está zonada, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	42	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	43	B-P	media	zonada	baja	sí	muy delgada a	

							intermedia	
CPIP11	44	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	45	P						
CPIP11	46	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	la zonación no está centrada
CPIP11	47	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	48	B-P		zonada	baja	sí	delgada a intermedia	
CPIP11	49	B-P	baja	homogénea				
CPIP11	50	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	intermedia a gruesa	
CPIP11	51	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	52	B-P	media	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	53	B-P	alta	Irregular				
CPIP11	54	B-P	alta	Irregular	media	sí	muy delgada a muy gruesa	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	55	B-P	baja	zonada	baja	sí	intermedia a gruesa	
CPIP11	56	B-P		zonada	media	sí	muy delgada	
CPIP11	57	B-P	media	Irregular	media	sí	muy delgada a intermedia	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	58	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	59	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	60	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	61	B-P	media	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP11	62	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	63	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a	

							intermedia	
CPIP11	64	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	65		baja	zonada	alta	sí	muy delgada	la zonación no está centrada
CPIP11	66	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	67	P	baja	zonada	baja	sí	intermedia a gruesa	
CPIP11	68	P	baja	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	69	P	media	Irregular	media	sí	muy delgada a gruesa	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	70	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP11	71	B-P	alta	Irregular	media	sí	muy delgada a gruesa	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	72	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	73	B-P	media	Irregular	media	sí	muy delgada a intermedia	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	74	P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP11	75	B-P	alta	Irregular	baja	sí	muy delgada a delgada	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	76	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	la zonación no está centrada
CPIP11	77	P	muy baja	zonada	baja	no	muy gruesa	
CPIP11	78	A	baja	no se ve				
CPIP11	79	B-P	media	Irregular	baja	sí	delgada a gruesa	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	80	B-P		no se ve				
CPIP11	81	B-P	media	Irregular				
CPIP11	82	B-P	baja	Irregular	media	sí	muy delgada a intermedia	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	83	B-P	baja	zonada	media	sí	delgada a muy	

							gruesa	
CPIP11	84	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	85	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	86	P	alta	Irregular				
CPIP11	87	B-P	alta	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP11	88	B-P	baja	zonada				está muy rara
CPIP11	89	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP11	90	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada	
CPIP11	91	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP11	92	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	la zonación no está centrada
CPIP11	93	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	94	B-P	alta	Irregular	media	sí	muy delgada a intermedia	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP11	95	P	baja	homogénea				
CPIP11	96	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	la zonación no está centrada
CPIP11	97	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	la zonación no está centrada
CPIP11	98	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP11	99	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	la zonación no está centrada
CPIP11	100	P	alta	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	1	B-P	alta	Irregular				no se ve bien
CPIP12	2	B-P		zonada	media	sí	intermedia a gruesa	
CPIP12	3	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	

CPIP12	4	B-P	alta	Irregular	media	sí	muy delgada a gruesa	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP12	5	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP12	6	B-P		zonada	baja	sí	delgada a muy gruesa	
CPIP12	7	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	8	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	9	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	la zonación no está centrada
CPIP12	10	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	11	P		zonada	baja	sí	intermedia a muy gruesa	
CPIP12	12	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP12	13	A		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	14	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP12	15	A		zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	16	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	17	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP12	18	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	19	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP12	20	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	la zonación no está centrada
CPIP12	21	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP12	22	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a gruesa	la zonación no está centrada

CPIP12	23	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP12	24	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	25	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP12	26	P	baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP12	27	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP12	28	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	29	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	30	B-P		zonada	baja	sí	delgada a intermedia	
CPIP12	31	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP12	32	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	33	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	34	B-P		zonada	media	sí	gruesa	
CPIP12	35	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	36	B-P		zonada	baja	sí	gruesa a muy gruesa	
CPIP12	37	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	38	B-P		zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP12	39	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	40	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP12	41	B-P		zonada	baja	sí	gruesa	

CPIP12	42	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	43	P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	44	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada	
CPIP12	45	B-P	alta	Irregular				puede que esté zonado, pero no se ve bien
CPIP12	46	B-P	baja	zonada	baja	sí	muy gruesa	
CPIP12	47	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	48	P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP12	49	B-P	media	zonada	baja	sí	delgada a gruesa	
CPIP12	50	P	media	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	51	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	52	B-P	media	zonada	baja	sí	delgada a muy gruesa	
CPIP12	53	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	delgada a muy gruesa	
CPIP12	54	B-P		homogénea				
CPIP12	56	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	57	B-P	media	zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	
CPIP12	58	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	gruesa	
CPIP12	59	B-P	baja	homogénea				
CPIP12	60	B-P	media	Irregular				Está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP12	61	P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	62	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	63	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a	

							muy gruesa	
CPIP12	64	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	65	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	66	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	67	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	68	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	69	B-P	muy baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	la zonación no está centrada
CPIP12	70	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	la zonación no está centrada
CPIP12	71	B-P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	72	B-P	alta	Irregular				
CPIP12	73	A	muy baja	zonada	baja	no	muy delgada a muy gruesa	
CPIP12	74	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	75	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	la zonación no está centrada
CPIP12	76	B-P		zonada	alta	sí	muy delgada a delgada	la zonación no está centrada
CPIP12	77	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP12	78	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP12	79	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	80	A	baja	homogénea				
CPIP12	81	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	

CPIP12	82	B-P	alta	Irregular				está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP12	83	P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a muy gruesa	la zonación no está centrada
CPIP12	84	B-P	baja	zonada	baja	sí	intermedia a gruesa	
CPIP12	85	B-P	muy baja	zonada	baja		muy delgada a muy gruesa	
CPIP12	86	B-P	baja	zonada	baja	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	87	octohédrico		zonada	baja	no	gruesa	
CPIP12	88	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	muy gruesa	
CPIP12	89	B-P		homogénea				
CPIP12	90	B-P	alta	Irregular	media	sí	muy delgada a intermedia	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP12	91	B-P	alta	Irregular	media	sí	muy delgada a gruesa	está zonado, pero no se ve bien por las manchas
CPIP12	92	B-P	baja	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	93	A	media	homogénea				
CPIP12	94	A	baja	zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	roto
CPIP12	95	B-P	baja	zonada	alta	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	96	B-P	muy baja	zonada	baja	sí	muy delgada a muy gruesa	
CPIP12	97	B-P	media	zonada	media	sí	muy delgada a gruesa	
CPIP12	98	P		zonada	media	sí	muy delgada a intermedia	
CPIP12	99	B-P	muy baja	zonada	media	sí	muy delgada a delgada	
CPIP12	100	B-P	muy baja	zonada	baja	no	intermedia	

B: Bipiramidal, P: Prismático, A: Anhedral.

## **Anexo E**

Algoritmo de cálculo de la edad más joven

La herramienta que sirve para calcular la edad mínima utilizada por el *software Isoplot* es una aproximación estadística que se basa en:

1. Perturbar cada edad de manera aleatoria (gaussiana) según su error asociado.
2. Seleccionar la edad más joven del grupo de datos perturbados.
3. Repetir los pasos anteriores 10.000 veces.
4. Seleccionar las 10.000 edades más jóvenes.
5. A partir de la selección del punto anterior seleccionar la moda, el límite superior de la moda (la edad para la que solo el 2,5% de las edades más jóvenes son mayores) y el límite inferior (la edad para la que solo el 2,5 % de las edades más jóvenes son menores).
6. Usar la moda como la mejor estimación de la edad más joven. Con los límites superior e inferior definiendo incertezas con un 95% de confiabilidad.

## **Anexo F**

Datos obtenidos en LA-ICPMS-MC

Tabla 39: Datos de la muestra CPIP01.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb (2σ)	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (Ma)	± Ma	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (Ma)	± Ma
3	587	865	0,68	0,42	0,046	0,00198	0,00022	0,0000346	0,000002	0,223	0,013	2,01	0,23
6	697	1488	0,46991	0,208	0,082	0,00079	0,00031	0,00002679	0,0000012	0,1727	0,0078	0,81	0,32
7	364	610	0,662	-0,212	0,096	-0,00052	0,00019	0,0000174	0,0000027	0,112	0,017	-0,53	0,19
10	61,6	28,5	2,25	-0,009	0,013	-0,0012	0,0016	0,0000898	0,000046	5,79	0,3	-1,2	1,7
11	453	198	2,3018	0,048	0,0023	0,00546	0,00031	0,0000827	0,00003	5,329	0,19	5,53	0,31
13	295	201	1,475	0,0258	0,0058	0,00177	0,0004	0,0000497	0,00002	3,205	0,13	1,79	0,4
14	300	330	1,21	0,025	0,013	0,00151	0,00083	0,00004522	0,000018	2,914	0,12	1,54	0,84
15	762	445	1,761	0,0451	0,0013	0,0105	0,00049	0,001671	0,000061	10,76	0,4	10,61	0,49
16	198	111	1,88	0,0427	0,0023	0,00936	0,00062	0,001583	0,000055	10,196	0,36	9,46	0,62
17	379	501	0,767	0,0455	0,0014	0,01132	0,00054	0,001804	0,000062	11,619	0,4	11,43	0,54
18	343,7	365	0,9399	0,0395	0,0024	0,00952	0,00069	0,001743	0,00006	11,23	0,39	9,62	0,69
19	153,7	80,9	1,908	0,0396	0,003	0,0085	0,0007	0,001584	0,000061	10,2	0,39	8,59	0,7
20	203	116	1,88	0,0477	0,0019	0,01036	0,00055	0,00158	0,000056	10,17	0,36	10,47	0,55
21	151	106	1,58	0,0465	0,0023	0,01052	0,00077	0,001671	0,000074	10,76	0,48	10,62	0,77
23	103	63	1,75	0,0517	0,0061	0,0061	0,0007	0,000864	0,000033	5,57	0,21	6,18	0,71
24	593	355	1,674	0,0458	0,0015	0,00491	0,00024	0,0007833	0,000027	5,048	0,17	4,97	0,24
26	261	163,9	1,596	0,116	0,013	0,0052	0,00059	0,0003339	0,000015	2,152	0,095	5,26	0,59
27	550	490	1,37	0,046	0,0071	0,00193	0,00035	0,000295	0,000017	1,9	0,11	1,96	0,35
28	96,9	43,1	2,253	0,0545	0,0035	0,01154	0,00086	0,001532	0,000053	9,87	0,34	11,65	0,87
29	237	158	1,6	0,0514	0,0025	0,01029	0,00067	0,001452	0,000054	9,35	0,35	10,39	0,67
31	150,7	160	0,961	0,0445	0,0025	0,00966	0,00081	0,001595	0,000065	10,27	0,42	9,76	0,81
32	109	103	1,17	0,06	0,0081	0,0131	0,0019	0,001572	0,000057	10,12	0,37	13,2	1,9
33	670	1038	0,6503	0,0545	0,0028	0,01214	0,0009	0,00162	0,000063	10,44	0,4	12,25	0,9
35	192	125,3	1,541	0,0505	0,004	0,00573	0,00049	0,0008235	0,000028	5,307	0,18	5,8	0,49
36	138,6	42,1	3,313	0,058	0,005	0,00666	0,00062	0,0008319	0,000029	5,361	0,19	6,74	0,62
40	370	324	1,139	0,0527	0,0033	0,00595	0,00051	0,000824	0,000044	5,31	0,29	6,03	0,52
41	943	810	1,163	0,0464	0,0016	0,00496	0,00025	0,0007762	0,000027	5,002	0,17	5,03	0,26
44	969	2540	0,376	0,216	0,042	0,00069	0,00019	0,0000239	0,0000022	0,154	0,014	0,7	0,19
49	1374	1040	1,295	0,0619	0,0011	0,00781	0,00037	0,000906	0,000035	5,83	0,23	7,9	0,38
50	343,5	177,5	1,926	0,0651	0,0051	0,00261	0,00022	0,0002901	0,000011	1,87	0,068	2,65	0,22
51	2689	1169	2,33	0,0595	0,0012	0,001912	0,000076	0,0002337	0,0000081	1,506	0,052	1,939	0,077
52	370	500	0,769	0,621	0,083	0,0043	0,0011	0,0000509	0,0000082	0,328	0,053	4,3	1,1
53	113	97	1,173	0,0647	0,009	0,0078	0,0012	0,000872	0,000035	5,62	0,23	7,9	1,2

Tabla 40: Datos de la muestra CPIP02.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (2 $\sigma$ )	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma
1	702	530	1,335	0,0463	0,0018	0,00921	0,00042	0,0014337	0,000037	9,236	0,24	9,31	0,43
2	325	144,7	2,224	0,0541	0,0026	0,01081	0,00063	0,001444	0,000038	9,304	0,25	10,92	0,63
5	243,5	181	1,304	0,0547	0,0055	0,00606	0,00061	0,0008056	0,000022	5,191	0,14	6,13	0,61
6	105,9	95	1,077	0,437	0,037	0,0285	0,0045	0,00048	0,000043	3,09	0,28	28,5	4,4
7	1190	2670	0,464	0,542	0,047	0,00349	0,00071	0,0000469	0,0000065	0,302	0,042	3,53	0,72
9	910	416	2,251	0,0726	0,0055	0,0239	0,002	0,002375	0,000063	15,291	0,4	24	2
10	2460	626	4,04	0,04848	0,00057	0,0173	0,00052	0,002578	0,000067	16,598	0,43	17,41	0,52
12	486	390	1,43	0,237	0,026	0,0373	0,0058	0,001097	0,00006	7,07	0,38	37	5,7
13	3530	9830	0,361	0,563	0,031	0,0053	0,0012	0,000065	0,000011	0,421	0,068	5,4	1,2
14	1020	2770	0,381	0,754	0,015	0,0215	0,0029	0,000208	0,000028	1,34	0,18	21,6	2,9
15	1258	1861	0,683	0,8184	0,01	0,0501	0,0086	0,000442	0,000073	2,85	0,47	49,4	8,3
17	968	628	1,483	0,05928	0,0005	0,2794	0,0087	0,03428	0,00093	217,3	5,8	250,2	6,9
18	664	850	0,776	0,767	0,017	0,122	0,014	0,00115	0,00012	7,43	0,75	117	13
19	345,8	439	0,755	0,8207	0,0079	0,1732	0,011	0,001539	0,000095	9,91	0,61	162,1	9,3
20	454	719	0,6012	0,846	0,011	0,1394	0,0067	0,001205	0,000055	7,76	0,35	132,4	6
22	1475	1109	1,306	0,0518	0,00035	0,2361	0,008	0,03309	0,0011	209,8	6,7	215,2	6,6
23	1343	1226	1,085	0,05204	0,00034	0,268	0,0081	0,03723	0,001	235,6	6,4	241,1	6,5
24	1023	1305	0,785	0,048	0,029	0,00033	0,00013	0,0000378	0,0000071	0,244	0,046	0,33	0,13

Tabla 41: Datos de la muestra CPIP03.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb (2σ)	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (Ma)	± Ma	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (Ma)	± Ma
1	384,9	195,3	2,043	0,05091	0,00047	0,2483	0,0084	0,03553	0,0012	225	7,5	225,2	6,8
2	241	294	0,917	0,0592	0,0039	0,01302	0,00094	0,001571	0,000064	10,12	0,41	13,14	0,94
3	83,4	44,7	1,995	0,224	0,022	0,0391	0,0054	0,001258	0,000094	8,11	0,6	38,9	5,2
4	767	970	0,88	0,229	0,037	0,0118	0,0033	0,000353	0,000036	2,27	0,23	11,9	3,3
5	1010	1090	1,072	0,443	0,083	0,0021	0,00037	0,0000361	0,000002	0,232	0,013	2,13	0,38
6	229	90,2	2,89	0,0732	0,0089	0,0173	0,0025	0,001627	0,000062	10,48	0,4	17,4	2,5
7	134,6	70	2,081	0,238	0,04	0,0104	0,0014	0,000323	0,000021	2,08	0,14	10,5	1,4
8	170	158	1,6	0,0552	0,0087	0,0065	0,0011	0,000876	0,000035	5,64	0,22	6,6	1,1
9	1387	1434	1,042	0,0516	0,002	0,00496	0,00029	0,0007113	0,000025	4,584	0,16	5,03	0,29
10	486	791	0,6515	0,0592	0,0046	0,0141	0,0012	0,001717	0,000061	11,06	0,39	14,2	1,2
11	345	374	0,8242	0,234	0,026	0,00717	0,00086	0,0002213	0,0000093	1,426	0,06	7,25	0,86
12	715	1083	0,614	0,125	0,038	0,0256	0,0092	0,00146	0,000094	9,4	0,61	25,6	9,1
13	89,1	107,8	0,771	0,0693	0,0042	0,321	0,024	0,03347	0,0012	212,2	7,3	282	18
14	101,8	56,7	1,719	0,05	0,015	0,0053	0,0015	0,00078	0,00003	5,025	0,2	5,4	1,6
15	589	1045	0,566	0,818	0,015	0,0915	0,004	0,000808	0,000037	5,21	0,24	88,9	3,8
16	609	392,3	1,513	0,0503	0,0011	0,0612	0,0024	0,008794	0,00031	56,44	2	60,3	2,3
17	289	144,6	1,924	0,109	0,021	0,0142	0,0032	0,000924	0,000043	5,96	0,28	14,3	3,2
18	1100	1060	1,148	0,0507	0,002	0,01046	0,00088	0,001494	0,000092	9,62	0,59	10,57	0,88
19	840	485	1,66	0,0568	0,002	0,01124	0,00059	0,00144	0,000062	9,27	0,4	11,35	0,59
20	385,3	369	0,988	0,0265	0,0074	0,00159	0,00042	0,0004396	0,000018	2,833	0,11	1,61	0,43
21	200,3	196,6	1,227	0,0694	0,0032	0,01797	0,00097	0,001899	0,000066	12,229	0,42	18,09	0,96
22	108,8	57,9	2,375	0,07626	0,00067	1,675	0,061	0,1585	0,0057	949	32	998,7	23
23	178,5	220,8	1,053	0,074	0,019	0,0031	0,00079	0,0003071	0,000012	1,98	0,077	3,14	0,8
24	190	141	1,96	0,0443	0,005	0,00476	0,00059	0,0007862	0,000028	5,066	0,18	4,83	0,6
25	891	2180	0,4921	0,078	0,016	0,008	0,0019	0,000737	0,000032	4,75	0,21	8,1	1,9

Tabla 42: Datos de la muestra CPIP04.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb (2σ)	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (Ma)	± Ma	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (Ma)	± Ma
2	203,2	170	1,185	0,133	0,047	0,043	0,019	0,0021	0,00017	13,5	1,1	42	18
3	40,3	34,1	1,168	0,05273	0,001	0,3303	0,011	0,0456	0,0013	287,4	7,7	289,8	8,1
4	61,6	42,4	1,43	0,05225	0,00077	0,307	0,011	0,04282	0,0012	270,3	7,5	271,8	8,2
5	68,7	56,3	1,165	0,078	0,014	0,0087	0,0016	0,000828	0,000036	5,33	0,23	8,8	1,6
6	237,9	99,9	2,286	0,159	0,083	0,00113	0,00046	0,0000512	0,0000063	0,33	0,041	1,14	0,46
7	123,5	47,7	2,515	0,0806	0,0077	0,0172	0,0017	0,001536	0,000044	9,89	0,28	17,3	1,7
8	124,2	55	2,201	0,0477	0,009	0,0097	0,0018	0,001467	0,000046	9,45	0,3	9,8	1,8
9	356	170	2,055	0,0495	0,0017	0,01991	0,00085	0,00286	0,000084	18,41	0,54	20,02	0,85
10	332	170,2	1,908	0,0496	0,0021	0,01886	0,00083	0,002755	0,000072	17,73	0,47	18,97	0,82
11	427,7	323	1,296	0,0632	0,0044	0,01307	0,0011	0,001495	0,000042	9,63	0,27	13,18	1,1
12	567	291	1,964	0,065	0,0023	0,01383	0,00066	0,001544	0,000041	9,947	0,27	13,94	0,67
13	285,6	463,2	0,6211	0,109	0,016	0,0244	0,0041	0,001597	0,000057	10,29	0,36	24,5	4,1
14	146	133	1,32	0,0584	0,0053	0,0119	0,0012	0,001461	0,000044	9,41	0,28	12	1,2
15	612	344	1,774	0,05315	0,00045	0,3215	0,0094	0,0436	0,0011	275,1	7,1	283	7,3
16	81,3	84	0,966	0,05195	0,00061	0,2265	0,0065	0,03143	0,00082	199,5	5,1	207,3	5,4
18	79	52	1,551	0,098	0,02	0,0104	0,0022	0,000797	0,000032	5,13	0,21	10,5	2,2
19	132,1	53,9	2,464	0,035	0,012	0,0036	0,0012	0,000787	0,000026	5,07	0,17	3,7	1,2
20	157,9	71	2,232	0,045	0,008	0,00486	0,00087	0,000786	0,000024	5,065	0,15	4,92	0,88
21	430	301	1,41	0,237	0,029	0,0074	0,001	0,0002285	0,000011	1,473	0,072	7,5	1
22	343	170	2,02	0,053	0,028	0,00131	0,00068	0,0001799	0,000007	1,16	0,045	1,33	0,69
23	107	51,3	2,11	0,061	0,013	0,0062	0,0014	0,000744	0,000023	4,795	0,15	6,3	1,4
24	112	67,2	1,663	0,132	0,012	0,0151	0,0017	0,000824	0,000033	5,31	0,21	15,2	1,7
26	522	660	0,791	0,746	0,03	0,0129	0,0012	0,0001283	0,0000092	0,827	0,059	13	1,2
27	753	1364	0,5217	0,826	0,02	0,0481	0,0018	0,0004236	0,000014	2,73	0,089	47,7	1,8
28	232,7	125,6	1,779	0,135	0,036	0,00256	0,00068	0,0001303	0,0000064	0,84	0,041	2,6	0,69
29	226	145	1,503	0,0958	0,0076	0,0109	0,001	0,000827	0,000027	5,33	0,17	11	1,1
30	287	151	1,934	0,0554	0,0032	0,01113	0,00069	0,001457	0,00004	9,383	0,26	11,24	0,7
31	315	169	2,3	0,0736	0,0082	0,016	0,002	0,001566	0,000054	10,08	0,35	16,1	2

Tabla 43: Datos de la muestra CPIP05.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (2 $\sigma$ )	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma
1	141,4	62	2,352	0,0289	0,0038	0,00763	0,0011	0,001848	0,000058	11,904	0,37	7,71	1,1
2	151	75,9	2,093	0,0472	0,0031	0,0124	0,00092	0,001934	0,000057	12,46	0,37	12,7	0,93
3	375	194,5	1,9562	0,0324	0,0013	0,00797	0,00044	0,0017279	0,000047	11,129	0,3	8,06	0,45
4	401	203,6	2,011	0,0281	0,0017	0,00667	0,00049	0,001616	0,00005	10,409	0,32	6,75	0,5
5	336,7	180,8	1,863	0,0431	0,002	0,01122	0,00066	0,001809	0,000056	11,65	0,36	11,33	0,66
6	383	189,6	1,989	0,0472	0,0016	0,011	0,00053	0,0016468	0,000044	10,607	0,29	11,11	0,53
7	203,9	63,48	3,1522	0,05	0,0036	0,01252	0,00089	0,001807	0,000051	11,64	0,33	12,63	0,9
9	578,2	284,1	1,9835	0,04887	0,0015	0,01327	0,00073	0,0019366	0,000054	12,472	0,34	13,39	0,73
10	759	358	2,0776	0,04704	0,0014	0,01252	0,00068	0,0019044	0,000053	12,265	0,34	12,64	0,69
13	576,7	231,6	2,4703	0,0463	0,0049	0,0105	0,0012	0,001615	0,000045	10,399	0,29	10,6	1,2
15	304	145,3	2,0782	0,0593	0,0019	0,01647	0,00063	0,002001	0,000053	12,884	0,34	16,59	0,63
16	632	227	2,83	0,0625	0,002	0,01295	0,00065	0,0014482	0,000044	9,329	0,28	13,06	0,65
27	211	114	1,727	0,0581	0,0022	0,01603	0,00058	0,002013	0,000053	12,966	0,34	16,14	0,59
38	227,5	78,1	3,079	0,0464	0,0019	0,0101	0,00041	0,0015767	0,000042	10,156	0,27	10,2	0,41
40	335	183,4	1,8603	0,0501	0,0018	0,01327	0,00067	0,0019142	0,000053	12,328	0,34	13,39	0,68
42	196	52,6	3,77	0,0575	0,004	0,01222	0,00088	0,001512	0,000044	9,742	0,28	12,34	0,89
43	110	35,5	3,029	0,056	0,012	0,0107	0,0021	0,00142	0,000048	9,15	0,31	10,8	2,2
50	147	59,9	2,61	0,0551	0,0043	0,01226	0,001	0,001592	0,00005	10,25	0,32	12,37	1
51	68,2	24,9	2,743	0,052	0,018	0,0078	0,0026	0,001035	0,000049	6,67	0,31	7,9	2,7

Tabla 44: Datos de la muestra CPIP06.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (2 $\sigma$ )	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma
1	3330	625	5,32	0,0469	0,003	0,01179	0,00069	0,001766	0,000073	11,37	0,47	11,9	0,69
2	221,5	127	1,75	0,05364	0,00079	0,303	0,0067	0,0412	0,00078	260,3	4,8	268,7	5,2
3	446	495	0,903	0,0485	0,002	0,00915	0,0004	0,001371	0,000029	8,829	0,19	9,25	0,4
4	301	384	0,7869	0,0498	0,0021	0,00923	0,00042	0,001348	0,000029	8,685	0,19	9,32	0,42
5	316	253	1,255	0,0461	0,0026	0,0112	0,00067	0,001779	0,00006	11,46	0,39	11,3	0,67
6	337	302	1,108	0,24	0,2	0,00078	0,00046	0,00002	0,000004	0,129	0,026	0,79	0,46
7	1117	2668	0,417	0,123	0,082	0,00033	0,00024	0,0000228	0,0000022	0,147	0,014	0,34	0,24
8	476,7	581	0,834	0,8189	0,0076	0,1404	0,0046	0,001253	0,000047	8,07	0,31	133,4	4,1
9	936	2780	0,3359	0,812	0,0059	0,0813	0,0055	0,000731	0,000049	4,71	0,32	79,3	5,2
10	1577	140	11,27	0,072	0,0045	0,0177	0,0012	0,0017718	0,000034	11,411	0,22	17,8	1,2
11	367	209	1,759	0,0619	0,0083	0,0499	0,0058	0,005933	0,00013	38,13	0,83	49,3	5,6
12	456	312	1,4511	0,05197	0,00035	0,3096	0,0054	0,04331	0,00087	273,3	5,4	273,9	4,2
13	500	405	1,221	0,0447	0,001	0,01513	0,00043	0,002455	0,000047	15,808	0,3	15,25	0,43
14	388	511	0,7489	0,0461	0,0011	0,01191	0,00035	0,001865	0,00004	12,01	0,26	12,02	0,35
15	348	294	1,279	0,073	0,01	0,0108	0,0017	0,001033	0,000035	6,66	0,23	10,9	1,7
16	680	510	1,388	0,0508	0,0036	0,00567	0,00038	0,0008095	0,000017	5,217	0,11	5,74	0,39
17	1640	2860	0,661	0,0532	0,001	0,0119	0,00028	0,001634	0,000031	10,525	0,2	12,01	0,28
18	318	198,5	1,804	0,0504	0,0029	0,01251	0,00074	0,001801	0,000037	11,6	0,24	12,62	0,75
19	685	160,5	4,68	0,0478	0,0023	0,01187	0,00057	0,0018	0,000044	11,59	0,28	11,99	0,57
20	681	1067	0,683	0,757	0,042	0,0093	0,002	0,00009	0,000017	0,58	0,11	9,4	2
21	890	710	1,258	0,0492	0,0016	0,00619	0,00039	0,000928	0,00004	5,98	0,26	6,26	0,39
22	153,8	95,3	1,581	0,0474	0,0056	0,00539	0,00065	0,000829	0,00002	5,34	0,13	5,45	0,66
23	99	109	1,04	0,006	0,02	0,0004	0,0013	0,000463	0,000019	2,99	0,12	0,4	1,3

Tabla 45: Datos de la muestra CPIP07.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb (2σ)	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (Ma)	± Ma	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (Ma)	± Ma
1	546,6	836,6	0,6517	0,05163	0,00082	0,01731	0,00052	0,002434	0,000068	15,672	0,44	17,42	0,52
2	193,8	153,6	1,2576	0,0622	0,0021	0,02089	0,00085	0,0024319	0,000068	15,658	0,44	21	0,84
3	210,5	233,7	0,8975	0,0486	0,002	0,01269	0,00059	0,00191	0,000054	12,299	0,35	12,8	0,59
8	198	63,7	3,34	0,0598	0,0018	0,0137	0,00058	0,001671	0,000048	10,762	0,31	13,81	0,58
9	249,9	118,6	2,085	0,0518	0,0017	0,01037	0,00047	0,001468	0,000042	9,457	0,27	10,48	0,47
10	350,9	333,2	1,0516	0,04896	0,00084	0,01271	0,0004	0,001888	0,000053	12,158	0,34	12,82	0,4
11	391	370	1,0522	0,0475	0,0011	0,01222	0,00041	0,0018597	0,000052	11,977	0,34	12,33	0,42
12	301,2	67,04	4,472	0,05072	0,00079	0,04478	0,0013	0,00644	0,00018	41,38	1,2	44,48	1,3
13	247,7	43,8	5,621	0,04885	0,00076	0,04063	0,0012	0,006056	0,00017	38,92	1,1	40,44	1,2
14	251,9	266,8	0,9383	0,0472	0,0013	0,01749	0,00067	0,002688	0,000076	17,3	0,49	17,61	0,67
17	319,9	332,8	0,9525	0,04895	0,00079	0,01856	0,00055	0,002752	0,000077	17,717	0,5	18,67	0,55
21	442	214	2,059	0,0506	0,0013	0,0056	0,00022	0,000813	0,000025	5,237	0,16	5,67	0,22
24	173,1	181,2	0,958	0,0521	0,0013	0,01664	0,00059	0,002319	0,000066	14,932	0,42	16,76	0,59
25	212	152	1,404	0,0536	0,0013	0,01862	0,00068	0,002485	0,000072	16	0,46	18,73	0,68
26	434	576	0,7367	0,05068	0,00086	0,01432	0,00044	0,0020406	0,000057	13,141	0,37	14,44	0,44
27	421	581	0,715	0,04833	0,00088	0,01332	0,00041	0,001983	0,000056	12,768	0,36	13,44	0,41
28	452	252	1,755	0,0514	0,0014	0,01016	0,00038	0,00144	0,000041	9,275	0,27	10,26	0,38
29	292	176,3	1,644	0,0526	0,0015	0,01084	0,00041	0,001497	0,000045	9,64	0,29	10,94	0,41
31	189	168	1,38	0,054	0,0026	0,00672	0,00032	0,000904	0,000039	5,83	0,25	6,8	0,32
32	336	362,3	0,913	0,0552	0,0011	0,01253	0,00041	0,0016475	0,000046	10,612	0,3	12,65	0,41
33	640	544	1,178	0,04809	0,00057	0,03417	0,00096	0,00511	0,00015	32,86	0,94	34,11	0,95
36	172,4	83,7	2,116	0,0719	0,0037	0,0117	0,00066	0,001182	0,000034	7,612	0,22	11,81	0,66
37	366	273	1,352	0,055	0,0014	0,00897	0,00035	0,001183	0,000035	7,625	0,22	9,07	0,35
38	304,1	201,3	1,484	0,0643	0,0029	0,00845	0,0005	0,000939	0,000028	6,049	0,18	8,54	0,5
43	162,8	110,2	1,462	0,0714	0,0028	0,01675	0,00078	0,001702	0,00005	10,965	0,32	16,87	0,77
45	409	146	2,812	0,0652	0,0025	0,01071	0,00052	0,001191	0,000034	7,673	0,22	10,82	0,53
46	336	105	3,01	0,0617	0,0024	0,00941	0,00046	0,001108	0,000034	7,137	0,22	9,51	0,46
47	356	151	2,44	0,0563	0,0014	0,0114	0,00041	0,00146	0,000043	9,406	0,27	11,51	0,41

Tabla 46: Datos de la muestra CPIP08.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb (2σ)	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (2σ)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (Ma)	± Ma	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (Ma)	± Ma
1	98,4	52,9	1,899	0,0675	0,0047	0,0132	0,001	0,001416	0,000022	9,12	0,14	13,3	1
2	93,5	45,2	2,144	0,0686	0,0085	0,013	0,0016	0,001433	0,000028	9,23	0,18	13,1	1,6
3	124,1	73,6	1,698	0,05	0,0027	0,01694	0,001	0,002474	0,000033	15,93	0,21	17,06	1
4	73	46	1,598	0,0515	0,0029	0,01813	0,001	0,002557	0,000029	16,46	0,18	18,24	1
5	120,7	56,2	2,146	0,0506	0,006	0,00534	0,00064	0,0007658	0,000012	4,935	0,078	5,41	0,65
6	246	168,9	1,45	0,0752	0,0095	0,0081	0,0011	0,000781	0,000014	5,033	0,091	8,2	1,1
9	430	452	0,9669	0,04658	0,0011	0,01258	0,00036	0,001956	0,000021	12,595	0,13	12,69	0,36
10	230	199	1,175	0,049	0,0021	0,00981	0,00042	0,001441	0,000019	9,285	0,12	9,91	0,42
11	212	159	1,46	0,0569	0,0069	0,012	0,0013	0,001591	0,000025	10,25	0,16	12,1	1,3
12	78,3	89	0,943	0,0518	0,0038	0,01303	0,00098	0,001811	0,000035	11,66	0,23	13,14	0,98
13	552	485,5	1,189	0,0478	0,00096	0,01167	0,0003	0,001749	0,00002	11,267	0,13	11,78	0,3
14	350	411	0,8868	0,0463	0,0013	0,01257	0,00039	0,001962	0,000021	12,636	0,14	12,69	0,39
17	555	891	0,659	0,04692	0,00089	0,01293	0,00032	0,001971	0,00002	12,693	0,13	13,04	0,32
20	1327	2337	0,595	0,0687	0,0089	0,00054	0,000075	0,0000558	0,0000013	0,3597	0,0086	0,548	0,076
21	383,9	392,1	1,017	0,092	0,065	0,00113	0,00083	0,0000822	0,0000095	0,53	0,061	1,15	0,84
23	40,5	27,79	1,526	0,065	0,019	0,0087	0,0031	0,001015	0,000031	6,54	0,2	9,6	2,8
24	271,1	142,2	1,997	0,0489	0,0024	0,00524	0,00025	0,000776	0,000012	4,998	0,08	5,3	0,25
25	164	105,5	1,631	0,0503	0,0038	0,00596	0,00049	0,000861	0,000016	5,547	0,11	6,04	0,49
26	125,8	72,5	1,808	0,0478	0,0035	0,00891	0,00066	0,001338	0,000021	8,62	0,13	9	0,66
27	188,7	130	1,61	0,0474	0,0024	0,00893	0,00048	0,001339	0,000022	8,62	0,14	9,03	0,49
31	122,1	87,6	1,4402	0,05065	0,00089	0,1729	0,0041	0,02474	0,00026	157,55	1,6	162	3,5
32	93,7	78,3	1,235	0,04953	0,00087	0,1679	0,0043	0,02433	0,00033	155	2,1	157,6	3,7
33	347,2	269	1,37	0,074	0,027	0,00056	0,00024	0,0000604	0,0000017	0,389	0,011	0,57	0,25
34	56,83	39,7	1,417	0,05141	0,00073	0,2791	0,006	0,03917	0,00043	247,7	2,7	249,9	4,8
35	1863	2089	0,887	0,0582	0,0039	0,00325	0,00023	0,0004047	0,0000043	2,608	0,027	3,3	0,24
36	550	349	1,571	0,0524	0,0032	0,0044	0,0003	0,0006	0,00002	3,87	0,13	4,46	0,3
38	379	643	0,5743	0,0593	0,0052	0,0061	0,00049	0,00075	0,000012	4,833	0,079	6,18	0,49
39	197	106,1	1,779	0,34	0,053	0,00275	0,00086	0,000064	0,000011	0,412	0,07	2,79	0,87
42	121,2	106,2	1,12	0,0532	0,0037	0,01272	0,00092	0,001734	0,00002	11,169	0,13	12,84	0,92
43	118,3	72,2	1,5763	0,0473	0,004	0,01085	0,00093	0,001667	0,000023	10,73	0,15	10,95	0,93
44	238,7	180,5	1,3	0,109	0,011	0,0306	0,0033	0,00208	0,000031	13,39	0,2	30,6	3,2
45	199,6	135,6	1,492	0,0489	0,002	0,01282	0,00056	0,001895	0,000021	12,204	0,13	12,94	0,56
46	114,5	104,8	1,092	0,04982	0,00078	0,1745	0,0037	0,02547	0,00027	162,13	1,7	163,3	3,2

47	68,1	55	1,249	0,05021	0,00077	0,1773	0,0039	0,02551	0,00028	162,39	1,8	165,8	3,4
48	416	340,2	1,237	0,0495	0,0018	0,00934	0,00036	0,0013654	0,000016	8,796	0,1	9,44	0,36
50	330	157,6	2,143	0,0544	0,0023	0,01101	0,0005	0,001458	0,000015	9,392	0,099	11,12	0,51
51	383	290	1,367	0,0618	0,0048	0,013	0,0011	0,00152	0,00002	9,793	0,13	13,1	1,1
52	369,1	393,3	0,975	0,0508	0,0017	0,01314	0,00048	0,001857	0,00002	11,959	0,13	13,25	0,48
53	167,4	116,6	1,476	0,0537	0,0021	0,01234	0,00055	0,001655	0,000021	10,659	0,13	12,45	0,55
54	255,9	309,1	0,856	0,0503	0,0023	0,01135	0,00048	0,001599	0,000018	10,297	0,12	11,46	0,48
55	146,1	112	1,359	0,0523	0,0026	0,01276	0,00072	0,001745	0,000032	11,24	0,21	12,88	0,72
56	491	487	1,056	0,0528	0,0014	0,00679	0,00024	0,0009181	0,000012	5,915	0,077	6,87	0,24
58	68,7	44,5	1,586	0,0514	0,0027	0,01981	0,0011	0,002744	0,000042	17,67	0,27	19,91	1
59	782	352,6	2,286	0,054	0,0012	0,00792	0,00022	0,0010411	0,000012	6,708	0,077	8,01	0,22
60	599	250	2,45	0,0518	0,0013	0,00821	0,00028	0,001132	0,000015	7,295	0,097	8,3	0,28
61	167,4	120,6	1,416	0,04864	0,0008	0,1025	0,0022	0,015035	0,00014	96,2	0,92	99,1	2,1
62	144	130	1,127	0,04861	0,0009	0,1	0,0024	0,014765	0,00017	94,48	1,1	96,8	2,2
63	198,2	83,53	2,377	0,0519	0,003	0,01034	0,00061	0,001421	0,000019	9,152	0,12	10,44	0,62
64	628	669	0,97	0,05	0,0015	0,00696	0,00027	0,0009831	0,000012	6,334	0,076	7,04	0,28
65	228	130,5	1,714	0,0617	0,0037	0,00884	0,00052	0,001032	0,000026	6,65	0,17	8,94	0,52
66	444,9	292,8	1,532	0,0522	0,0018	0,00691	0,00026	0,0009474	0,00001	6,105	0,066	7	0,26
68	81,3	39	2,041	0,075	0,011	0,0079	0,0012	0,000747	0,000024	4,81	0,15	8	1,2
71	493	496	0,9873	0,0578	0,0027	0,0037	0,00018	0,0004596	0,0000064	2,962	0,041	3,75	0,18
75	277	379	0,739	0,0516	0,0027	0,01199	0,00074	0,001675	0,000023	10,79	0,15	12,11	0,74
76	1000	1310	0,772	0,0599	0,004	0,00216	0,00016	0,0002572	0,0000034	1,658	0,022	2,19	0,16
77	226	219	1,14	0,075	0,011	0,00312	0,00046	0,0002978	0,0000081	1,92	0,052	3,17	0,47
78	69,2	50,7	1,385	0,04986	0,00085	0,1581	0,0035	0,022795	0,00023	145,29	1,5	149	3,1
82	227	134,1	1,68	0,054	0,0025	0,01148	0,00055	0,001545	0,00002	9,95	0,13	11,59	0,55
83	1440	1771	0,821	0,04783	0,00061	0,06477	0,0013	0,009891	0,00012	63,45	0,74	63,72	1,2
84	191,9	194,8	0,991	0,0526	0,002	0,01433	0,0006	0,001975	0,000024	12,719	0,15	14,45	0,6
85	138,2	114	1,288	0,0536	0,0033	0,01454	0,001	0,001975	0,000029	12,72	0,19	14,65	1
86	217,3	159,4	1,3713	0,0504	0,0022	0,01159	0,00057	0,001667	0,000019	10,737	0,13	11,71	0,58
87	135,6	145	0,947	0,0521	0,0034	0,01215	0,0008	0,001692	0,000021	10,9	0,14	12,26	0,81
88	164	81,3	1,982	0,0583	0,0033	0,01269	0,00074	0,001585	0,000026	10,21	0,17	12,8	0,74
90	700	1003	0,6943	0,04717	0,00084	0,01257	0,00029	0,0019333	0,000019	12,451	0,12	12,68	0,29
91	95,7	56,9	1,681	0,0555	0,0054	0,00972	0,001	0,00127	0,000017	8,179	0,11	9,82	1
92	77,8	43,2	1,85	0,0579	0,0051	0,00967	0,00086	0,001217	0,000024	7,84	0,15	9,77	0,86
93	891	698	1,278	0,0597	0,0028	0,0064	0,00035	0,0007663	0,000011	4,938	0,074	6,48	0,36
94	150,2	113	1,348	0,0526	0,0046	0,00594	0,00052	0,0008155	0,000012	5,255	0,075	6,01	0,52

95	318	214	1,6	0,04938	0,00065	0,157	0,0032	0,02298	0,00024	146,48	1,5	148,1	2,8
97	509	397	1,292	0,074	0,014	0,00091	0,00014	0,000094	0,0000087	0,606	0,056	0,93	0,14
98	302	559	0,538	0,078	0,015	0,00165	0,00036	0,000148	0,000012	0,954	0,079	1,68	0,36
99	586	281	2,095	0,0509	0,0014	0,00792	0,00025	0,0011304	0,000012	7,283	0,08	8,01	0,25
100	1925	1230	1,52	0,05054	0,0011	0,0074	0,00021	0,001052	0,00002	6,78	0,13	7,48	0,21
101	685	602	1,1261	0,112	0,017	0,00077	0,00012	0,0000492	0,0000015	0,3175	0,0095	0,78	0,13
102	323	185	1,8	0,101	0,031	0,00093	0,00027	0,0000627	0,0000036	0,404	0,023	0,94	0,27
104	194,7	149,9	1,283	0,0488	0,0018	0,0127	0,00047	0,0018798	0,00002	12,107	0,13	12,81	0,47
105	260	280,8	0,909	0,049	0,0017	0,01279	0,00049	0,00189	0,000021	12,174	0,13	12,91	0,49
109	429	477	0,889	0,0505	0,0026	0,00597	0,00031	0,00086	0,000017	5,542	0,11	6,05	0,31
110	202,4	128,6	1,533	0,0547	0,0034	0,00618	0,00039	0,000819	0,000014	5,278	0,089	6,26	0,39
111	469	449	1,047	0,0605	0,0064	0,00335	0,00038	0,0004006	0,0000069	2,582	0,044	3,4	0,39
112	501	417	1,234	0,0604	0,0072	0,00337	0,00042	0,0004052	0,0000053	2,612	0,034	3,42	0,42

Tabla 47: Datos de la muestra CPIP10.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (2 $\sigma$ )	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma
2	304	305	1,69	0,0566	0,004	0,00637	0,00046	0,0008142	0,000013	5,246	0,086	6,45	0,46
3	370	254	1,57	0,0506	0,0024	0,00567	0,00027	0,000819	0,000015	5,277	0,099	5,74	0,27
4	517	303	1,88	0,0486	0,0024	0,00305	0,00017	0,0004474	0,0000091	2,884	0,059	3,09	0,17
5	204,1	97,9	2,206	0,0482	0,0035	0,0062	0,00061	0,000901	0,000015	5,806	0,098	6,28	0,62
6	140,7	77	1,96	0,0578	0,0043	0,00699	0,00055	0,000878	0,000015	5,657	0,095	7,07	0,55
10	78,1	35,2	2,62	0,0712	0,0082	0,00906	0,00099	0,000917	0,000019	5,91	0,12	9,2	1
11	257	238	1,147	0,075	0,024	0,0092	0,0036	0,000817	0,000032	5,26	0,21	9,3	3,6
13	121	71,9	1,653	0,028	0,012	0,00138	0,00074	0,0004514	0,000011	2,909	0,07	1,4	0,75
14	129	55,37	2,33	0,0532	0,0069	0,00357	0,00047	0,0004865	0,00001	3,135	0,066	3,62	0,48
15	147,3	114,2	1,2821	0,046	0,0027	0,00989	0,00056	0,001568	0,000024	10,1	0,16	9,99	0,57
16	149,6	90,7	1,601	0,0479	0,003	0,00558	0,00034	0,000847	0,000015	5,457	0,094	5,64	0,35
17	183	108	1,74	0,0585	0,0061	0,00668	0,00068	0,000837	0,000014	5,396	0,088	6,76	0,69
20	69,4	62,7	1,2	0,073	0,015	0,00372	0,00076	0,0003531	0,000011	2,276	0,068	3,76	0,77
21	154,9	75,8	2	0,0638	0,0064	0,00712	0,00069	0,000814	0,000016	5,243	0,1	7,2	0,7
23	255,5	148,3	1,706	0,0615	0,0029	0,00726	0,00033	0,0008582	0,000012	5,53	0,079	7,34	0,33
26	212	130	1,685	0,0519	0,0018	0,01121	0,00041	0,001581	0,000025	10,19	0,16	11,32	0,41
27	430	286	1,529	0,0522	0,0024	0,01147	0,00052	0,001597	0,000023	10,285	0,15	11,58	0,52
29	71,1	43,4	1,729	0,0702	0,009	0,00751	0,00094	0,000779	0,000017	5,023	0,11	7,6	0,95
31	138	59,3	2,419	0,0481	0,0042	0,00631	0,00056	0,00095	0,000026	6,12	0,16	6,38	0,56
32	112,4	37,9	2,986	0,0555	0,0057	0,00656	0,00067	0,0008557	0,000013	5,514	0,085	6,64	0,68
36	498	293	1,77	0,0849	0,0042	0,00515	0,00028	0,0004407	0,0000067	2,84	0,043	5,22	0,28
37	79,7	48,9	1,684	0,027	0,01	0,0029	0,0011	0,000753	0,000024	4,85	0,16	2,9	1,2
38	276	189	1,505	0,0552	0,0018	0,01207	0,0004	0,001604	0,000021	10,33	0,13	12,18	0,4
39	194	103,9	1,913	0,08	0,0054	0,00926	0,00063	0,000837	0,000017	5,392	0,11	9,36	0,64
40	206	95	2,207	0,0477	0,0042	0,00535	0,00046	0,0008059	0,000013	5,193	0,082	5,41	0,46
41	67,2	53,3	1,317	0,0332	0,0079	0,00392	0,00095	0,00085	0,00002	5,48	0,13	3,97	0,96
42	306	163	1,93	0,0472	0,0044	0,0033	0,00031	0,0005073	0,00001	3,27	0,068	3,34	0,31
44	168,8	117,4	1,4889	0,0543	0,0057	0,0055	0,00055	0,0007514	0,00001	4,842	0,065	5,57	0,55
46	226	189	1,248	0,0494	0,0034	0,00568	0,00042	0,0008251	0,000013	5,316	0,084	5,75	0,42
54	60,6	35,06	1,789	0,067	0,013	0,0067	0,0013	0,00073	0,000019	4,71	0,12	6,8	1,3
56	153,2	114	1,393	0,0566	0,0086	0,00551	0,00085	0,0007101	0,000012	4,576	0,076	5,58	0,86

Tabla 48: Datos de la muestra CPIP11.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (2 $\sigma$ )	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (2 $\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma
4	1050	109,9	9,64	0,0579	0,0017	0,00525	0,00019	0,0006638	0,000012	4,278	0,074	5,32	0,2
5	150,5	140	1,163	0,0534	0,0067	0,00509	0,00063	0,0006924	0,000014	4,462	0,09	5,16	0,64
7	286	598	0,4627	0,0405	0,0043	0,00409	0,00045	0,0007391	0,000012	4,763	0,078	4,14	0,45
8	200	391	0,495	0,0447	0,0062	0,00447	0,00064	0,0007335	0,000014	4,726	0,092	4,53	0,65
9	166,6	89,6	1,78	0,0561	0,0049	0,0062	0,00056	0,0008143	0,000014	5,247	0,093	6,28	0,57
10	231,5	139,7	1,553	0,0511	0,0043	0,00521	0,00041	0,0007614	0,000013	4,906	0,084	5,28	0,41
11	261	184	1,49	0,0497	0,0036	0,00549	0,0004	0,000808	0,000016	5,208	0,1	5,55	0,4
12	220	155	1,345	0,049	0,0056	0,00542	0,00063	0,0008059	0,000015	5,193	0,094	5,49	0,64
13	311	171	1,763	0,0995	0,0087	0,00513	0,0004	0,0003679	0,0000068	2,371	0,044	5,2	0,41
21	585	472	1,21	0,0478	0,002	0,00479	0,0002	0,0007347	0,000014	4,734	0,09	4,85	0,2
24	590	460	1,72	0,0527	0,0025	0,01376	0,00075	0,001893	0,000032	12,19	0,21	13,87	0,75
25	495	244	2,119	0,0447	0,0016	0,01137	0,00043	0,001846	0,000029	11,891	0,19	11,48	0,43
26	1361	1197	1,338	0,1038	0,0036	0,0108	0,00049	0,0007619	0,000012	4,91	0,079	10,91	0,49
27	320	245	1,527	0,0525	0,0033	0,01031	0,0006	0,001399	0,000026	9,01	0,17	10,42	0,6
31	1105	959	1,108	0,051696	0,00043	0,2369	0,0046	0,03346	0,0007	212,2	4,4	215,9	3,8
32	418,3	370	1,113	0,05425	0,0007	0,2182	0,0045	0,02956	0,00052	187,8	3,3	200,4	3,7
33	440	774	0,641	0,816	0,017	0,051	0,0036	0,000454	0,00003	2,92	0,2	50,4	3,4
34	1043	1730	0,629	0,167	0,053	0,0006	0,00021	0,000025	0,0000026	0,161	0,017	0,61	0,21
35	1010	1220	1,94	0,37	0,16	0,00088	0,00061	0,0000244	0,0000067	0,157	0,043	0,89	0,62
50	405	242	1,743	0,0614	0,0028	0,00682	0,00035	0,000822	0,000026	5,3	0,17	6,9	0,36

Tabla 49: Datos de la muestra CPIP12.

Número del análisis	U (ppm)	Th (ppm)	U/Th	Isótopos						Edades			
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ( $2\sigma$ )	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ( $2\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ( $2\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma)	$\pm$ Ma
3	71,8	47,2	1,5587	0,055	0,019	0,0033	0,0011	0,000417	0,000013	2,688	0,083	3,3	1,1
4	103	95,5	1,12	0,0608	0,0099	0,00348	0,00059	0,000404	0,000012	2,604	0,077	3,53	0,6
7	281,8	234	1,32	0,0536	0,0031	0,00601	0,00051	0,0007827	0,000017	5,043	0,11	6,09	0,51
11	85,5	107	0,899	0,073	0,01	0,00713	0,001	0,000732	0,00002	4,717	0,13	7,21	1
12	758	919	0,8601	0,05264	0,00091	0,2621	0,017	0,03619	0,00075	229,2	4,6	236,4	14
13	619	778	0,823	0,05244	0,00086	0,2683	0,017	0,03713	0,00077	235	4,8	241,3	14
14	237,5	107,4	2,308	0,05303	0,00087	0,3257	0,021	0,04471	0,00086	281,99	5,3	286,3	16
15	102,1	148,9	0,698	0,04934	0,0011	0,0789	0,0053	0,011641	0,00024	74,61	1,5	77,1	5
16	72,8	44,4	1,608	0,056	0,0088	0,00587	0,001	0,00076	0,00002	4,895	0,13	5,94	1
17	49,1	36,6	1,32	0,065	0,011	0,0071	0,0012	0,000808	0,000023	5,21	0,15	7,1	1,2
18	910	954	0,9293	0,0522	0,002	0,00552	0,0004	0,0007895	0,000018	5,088	0,11	5,59	0,4
19	132	115	1,131	0,0588	0,0095	0,00672	0,001	0,000899	0,000023	5,792	0,15	6,8	1
22	80,5	82	0,938	0,066	0,015	0,0083	0,002	0,00091	0,00003	5,86	0,2	8,4	2
23	176	107,1	1,62	0,0465	0,0034	0,00543	0,00054	0,000862	0,000019	5,557	0,12	5,5	0,55
25	319	760	0,445	0,05	0,14	0,00021	0,00025	0,0000172	0,0000024	0,111	0,015	0,21	0,26
28	462	245	1,818	0,048	0,0023	0,00532	0,00042	0,0008057	0,000017	5,192	0,11	5,39	0,43
29	950	930	1,26	0,0479	0,0015	0,00509	0,00037	0,0007822	0,000017	5,04	0,11	5,16	0,37
31	196	290	0,728	0,33	0,16	0,00128	0,0005	0,0000246	0,000004	0,159	0,026	1,3	0,5
33	154	82	1,832	0,0426	0,005	0,00482	0,00064	0,000808	0,000018	5,206	0,12	4,88	0,65
35	301	157	1,893	0,0493	0,0017	0,01004	0,00074	0,001479	0,000035	9,53	0,23	10,15	0,74
36	238	173	1,52	0,0471	0,0025	0,00971	0,00086	0,001513	0,000041	9,75	0,26	9,81	0,86
37	282	875	0,3164	0,17	0,21	0,00014	0,0004	0,0000178	0,0000022	0,115	0,014	0,14	0,4
38	133,6	263	0,5032	0,22	0,2	0,00072	0,00059	0,0000251	0,0000044	0,162	0,028	0,72	0,6
39	24,58	24	1,037	0,024	0,02	0,0032	0,0025	0,000783	0,000039	5,04	0,25	3,3	2,5
40	19,53	17,11	1,141	0,027	0,037	0,002	0,0035	0,000773	0,000039	4,98	0,25	2	3,5
44	52,6	37,4	1,401	0,029	0,026	0,0017	0,0015	0,000417	0,000017	2,689	0,11	1,7	1,5
45	289	1278	0,22335	0,165	0,077	0,00098	0,00037	0,0000416	0,0000027	0,268	0,017	0,99	0,37
47	669	495	1,335	0,047	0,0013	0,00494	0,00033	0,0007708	0,000016	4,967	0,1	5,01	0,34
49	439	411	1,56	0,21	0,11	0,00048	0,00025	0,0000168	0,0000017	0,108	0,011	0,49	0,25
51	104,6	46,2	2,149	0,0539	0,0092	0,00595	0,001	0,000847	0,000022	5,456	0,14	6,02	1
55	40,3	27,56	1,567	0,102	0,018	0,0105	0,0019	0,000744	0,00003	4,8	0,19	10,6	1,9
56	193,9	102,1	1,99	0,299	0,029	0,0133	0,0022	0,000314	0,000022	2,02	0,14	13,4	2,2
57	209	104	2,2	0,0501	0,0052	0,00548	0,00066	0,000803	0,000018	5,174	0,11	5,55	0,67

59	57,1	33,3	1,748	0,055	0,015	0,0062	0,0018	0,000753	0,000021	4,849	0,13	6,3	1,8
65	277	545	0,516	0,19	0,12	0,00075	0,00042	0,0000257	0,0000037	0,166	0,024	0,76	0,42
66	164	249	0,685	0,15	0,3	0,00019	0,00037	0,0000195	0,0000038	0,126	0,024	0,19	0,38