



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica  
de Ingenieros de Minas

# GRADO EN INGENIERÍA MINERA

## TRABAJO FIN DE GRADO

# DATACIÓN DEL GRANITO DE PLASENCIA (CÁCERES) EN BASE A MICROSONDA ELECTRÓNICA Y TRATAMIENTO DE DATOS CON ISOPLLOT

León, julio de 2014

Autor: Esteban Salgado Prieto  
Tutor: Fernando González Gómez

El presente proyecto ha sido realizado por D. Esteban Salgado Prieto, alumno de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería Minera.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D. Fernando González Gómez, profesor/a del Grado en Ingeniería Minera.

Visto Bueno

Fdo.: D. Esteban Salgado Prieto  
El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D. Fernando González Gómez  
El Tutor del Trabajo Fin de Grado

## **ABSTRACT**

We report the results of a geochronological study by U-Th-Pb\_total methods of monazites from the facies Granitos de dos Micas de grano fino (Plasencia). The age obtained for APL 15 is ca. 380 Ma, but APL14 have been inconclusive. For APL 15 and APL 14 the results obtained are as the follows: (1) the Th, U and Pb composition of 130 monacites for APL 15, and 40 monacites for APL 14; (2) Histogram of lineal and density probability for the boht samples; and (3) final ages Results reported by EMPA Dating.

This document lists and explains the techniques used and used equipment as well as computer programs. Are also including petrographic results, carried out in the electron microscope.

**Key words:** Granitos de dos micas de grano fino (Plasencia); Th-U-total Pb.

# DOCUMENTO 1

## MEMORIA

## INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS .....	III
ÍNDICE DE TABLAS .....	V
1 Introducción .....	1
1.1 Objetivo .....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Antecedentes.....	3
1.4 Alternativas.....	4
2 Datos geológicos previos .....	7
2.1 Estratigrafía.....	8
2.2 Tectónico .....	8
2.2.1 Estructuras Prevariscas (fase Sárdica).....	9
2.2.2 Estructuras Variscas .....	9
2.3 Rocas ígneas.....	11
2.3.1 Leucogranitos.....	11
2.3.2 Granitos de dos micas ( $\pm$ sillimanita ) con carácter porfídico variable (7)e ídem en facies de grano fino (8).....	13
2.3.3 Granitos biotíticos porfídicos $\pm$ cordierita $\pm$ moscovita (9).....	15
2.3.4 Complejo migmatítico-granítico (10).....	17
2.4 Migmatitas.....	17
3 Trabajos realizados, materiales y equipos .....	18
3.1 Muestreo .....	18
3.2 Preparación de muestras.....	18
3.3 Microscopía óptica .....	24
3.3.1 Fundamentos teóricos.....	24
3.3.2 Equipos y Trabajo realizado.....	26
3.4 Microscopía Electrónica de Barrido .....	27
3.4.1 Fundamentos teóricos.....	27
3.4.2 Equipos y Trabajos realizados.....	30
3.5 Microsonda electrónica.....	35
3.5.1 Fundamentos teóricos.....	35

3.5.2	Equipos y trabajos realizados .....	37
3.6	Geocronología: el método Th-U-Pb para datación de monacita.....	38
3.6.1	Fundamentos teóricos.....	39
3.7	Tratamiento informático de datos geocronológicos .....	41
3.7.1	EMPA Dating .....	41
4	Resultados y discusión .....	46
4.1	Resultados del estudio petrográfico .....	46
4.2	Resultados del estudio geocronológico .....	50
4.2.1	Resultados de APL 14 .....	50
4.2.2	Resultados de APL 15 .....	52
5	Conclusiones.....	55
6	Bibliografía .....	57
7	Anexo I .....	59
7.1	Pesos atómicos de los elementos presentes en las monacitas .....	59
7.1.1	APL 14 .....	59
7.1.2	APL 15 .....	60
7.1.3	APL 15 (1).....	61
7.1.4	APL 15 (2).....	62
7.2	Porcentaje de óxidos presente en las monacitas .....	63
7.2.1	APL 14 .....	63
7.2.2	APL 15 .....	64
7.2.3	APL 15 (1).....	65
7.2.4	APL 15 (2).....	66
8	Anexo II .....	67
8.1	Tablas reportadas por EMPA Dating .....	67
8.1.1	APL 14 .....	67
8.1.2	APL 15 .....	68
9	Anexo III .....	70
9.1	Mapa geológico de España, Escala 1:50000, Hoja 598 (Plasencia).....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.-Workflow .....	2
Figura 3.1.- Lugares de recogida de muestras. ....	18
Figura 3.2.- Sierra de disco esmerilado refrigerada por agua (Laboratorio de petrología, Facultad geología, Univ. Oviedo). ....	19
Figura 3.3.-Banco de pulido (Fotografía de archivo). ....	20
Figura 3.4.- Eliminación de las burbujas aplicando presión y a la derecha plancha caliente con muestras. ....	20
Figura 3.5.- Cortadora de precisión (Laboratorio de petrología, Facultad geología, Univ. Oviedo). ....	21
Figura 3.6.- devastadora programable (Laboratorio de petrología, Facultad geología, Univ. Oviedo). ....	21
Figura 3.7.- devastadora programable. ....	22
Figura 3.8.-Estructura de la muestra. ....	22
Figura 3.9.- Láminas delgadas de izquierda a derecha APL 15 (1), APL 15 (2), APL 15, APL 14. ....	23
Figura 3.10.- Esquema de un atomizador de carbono. ....	24
Figura 3.11.-Efecto de la luz al atravesar los polarizadores. ....	26
Figura 3.12.- microscopio petrográfico Olympus BX51 (universidad de León). ....	26
Figura 3.13.-Infografía de microscopio electrónico (www.uned.es). ....	27
Figura 3.14.-Reacciones en la muestra y posibilidades de lectura que ofrece. (www.uned.es). ....	28
Figura 3.15.- Micrografía de secundarios (SEI) Pepita de oro en la que se aprecia el relieve. ....	29
Figura 3.16.- Gráfico de microanálisis Rayos X de un feldespato potásico. ....	30
Figura 3.17.- Imagen tomada con detectores de electrones primarios donde se observan tres monacitas y el contraste con respecto a los feldespatos y biotitas que lo rodean, se puede ver un zircón en un tono menos brillante unido a una monacita en el centro de la imagen. ....	31
Figura 3.18.- Microanálisis de Rayos X realizado a una monacita. ....	31
Figura 3.19.- Señalizado de monacitas en lámina. ....	32
Figura 3.31.- Composición fotográfica con las monacitas indicadas de una lámina delgada, concretamente corresponde a APL 15 (1). ....	34
Figura 3.21.- Esquema de microsonda y detalle de portamuestras. ....	36
Figura 3.22.- Pantalla de la microsonda donde se visualiza el análisis de radiación X. ....	37

Figura 3.23.- A la derecha se puede ver la microsonda electrónica y a la izquierda las pantallas de control ( <i>Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo</i> ). .....	38
Figura 3.24.- Series de decaimiento del uranio 238 a la derecha y torio 231 a la izquierda. ....	40
Figura 3.25.- Cuadro de dialogo de EMPA Dating.....	43
Figura 3.26.- Información de línea de regresión reportada por ISOPLOT.....	44
Figura 3.27.- Cuadro de dialogo para realizar grafica Th/Pb vs U/Pb. ....	45
Figura 3.28.- Grafica Th/Pb vs U/Pb APL 15 para 40 puntos (ISOPLOT).....	45
Figura 4.1.- Micrografía izquierda cuarzo (Qtz); a la derecha moscovita (Ms), monacita (Mz) y pitita (Py). ....	46
Figura 4.2.- Micrografía izquierda ilmenita (Ilm); derecha Labradorita (Lbt) y Monacita (Mn). ....	46
Figura 4.3.- Micrografía izquierda feldespato Potásico (Ort) y monacita (Mn); derecha zircón (Zr) y Monacita (Mn). ....	47
Figura 4.4.- Micrografía izquierda monacita (Mn) en matriz de apatito (Ap); derecha Calcopirita (Ccp). ....	47
Figura 4.5.- Micrografía izquierda Esfalerita (Sp); derecha Cobaltina (Co). ....	47
Figura 4.6.- Espectros de Rayos X capturados por detector EDS, como respuesta al ataque puntual con chorro de electrones a diferentes minerales, durante las sesiones de microscopia electrónica.....	48
Figura 4.7.- Micrografía de una monacita visiblemente alterada.....	49
Figura 4.8.- Línea de regresión APL 14. ....	50
Figura 4.9.- Cuadro de edades obtenidas en EMPA Dating de APL 14. ....	51
Figura 4.10.- Histograma de probabilidad de edades por densidad APL 14. ....	51
Figura 4.11.- Histograma de probabilidad lineal APL 14 (ISOPLOT).....	52
Figura 4.12.- Grafica Th/Pb vs U/Pb APL 15 (ISOPLOT). ....	53
Figura 4.13.- Cuadro de resultados finales APL 15 (EMPA Dating).....	53
Figura 4.14.- Histograma de probabilidad de edades por densidad APL 15 (ISOPLOT).....	54
Figura 4.15.- Histograma de probabilidad lineal (ISOPLOT). ....	55
Figura 5.2.- Grafica Th/Pb vs U/Pb APL 14 (ISOPLOT). ....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1.- Geocronología de los plutones de la serie mixta del batolito de Extremadura Central y la alineación magmática Alburquerque-Mérida-Pedroches (Carracedo et al, 2005).</i> .....	4
Tabla 1.2 Series radiactivas utilizadas en datación radiométrica (Anguita Virella, 2003). ...	5

# 1 Introducción

## 1.1 Objetivo

El objetivo principal del presente estudio es ubicar dentro de un espacio geocronológico los granitos aflorantes en las cercanías de Plasencia (Cáceres), pertenecientes a la facies granitos de dos micas de grano fino.

Se pretende obtener las edades del U-Th-Pb de la monacita presente en el granito. Para ello seguiremos una serie de métodos que se describen más adelante, que consisten en la adquisición de muestras en el campo y la preparación de las láminas delgadas, en las que buscaremos mineral de monacita para la cuantificación del Torio (Th), Uranio (U), Plomo (Pb) contenido en ellas, con el fin de realizar unas rectas de regresión que nos reflejen la posible edad de formación y su correspondiente error.

Todo ello está reflejado en el workflow (fig. 1.1) para una rápida comprensión del procedimiento a seguir.

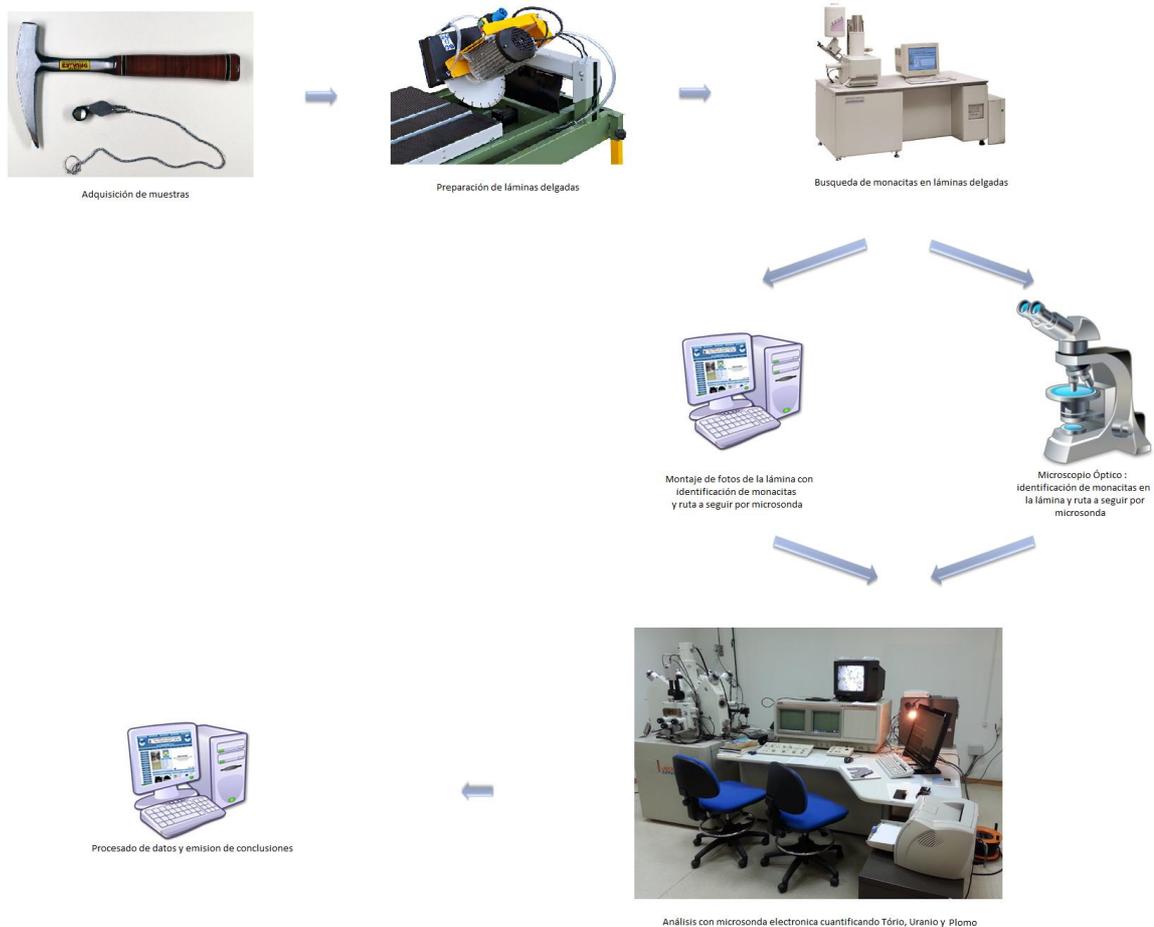


Figura 1.1.-Workflow

## 1.2 Justificación

Está demostrada la presencia de monacita como mineral accesorio en los granitos peraluminosos (*Barbarin, 1990*), lo que permite utilizar el sistema isotópico U-Th-Pb, con el fin de datar las rocas graníticas que pretendemos estudiar.

La monacita es, en menor medida que el zircón, un mineral muy usado para realizar dataciones U-Th-Pb debido a su elevado contenido en U y Th y a que no contiene Pb no radiogénico, es decir que la mayor parte del Pb presente en su estructura procede de la descomposición radiogénica del Th y U. Esto hecho proporciona enorme seguridad al calcular la edad de la roca.

La importancia de este mineral como índice geocronológico ha adquirido valor en los últimos años por que es posible determinar con precisión sus contenidos en Pb, U y Th por microsonda electrónica (método no destructivo), pudiendo ser relacionados estos datos directamente con la edad de formación de los granitos estudiados (*Montel et al.,*

1994), esto unido a su temperatura de bloqueo en torno a 650-700 °C (Parrish, 1990; Suzuki et al., 1994) que según (Stern et al., 1975) está próxima a la del solidus del sistema granítico hidratado a presiones moderadas, nos permite relacionar los datos obtenidos con las edades de formación y cristalización de las intrusiones graníticas estudiadas.

El mineral de monacita es extremadamente rico en U, Th y Pb radiogénico, este se acumula muy rápidamente, lo que permite en un corto espacio de tiempo 100Ma su análisis microsonda electrónica. El contenido en Pb común (no proveniente de la desintegración radiogénica de U y Th) es despreciable unido a la escasa pérdida del Pb radiogénico, y a la medición simultánea de U, Th y Pb permite obtener una edad geológicamente significativa desde un único análisis de la sonda de electrones, (Montel et al., 1995), en este artículo se demuestra también que un estudio de datación usando este mineral se puede completar en unas horas y no es destructivo permitiendo trabajar con láminas delgadas pulidas además de ser una técnica de datación in-situ de costo moderado.

### 1.3 Antecedentes

El periodo de mayor producción magmática en la Zona Centro Ibérica estuvo comprendido entre los 290 y 330 Ma (Bea et al., 2003), este se correlacionan con las fases post-hercínicas, que produjeron numerosos emplazamientos de plutones alóctonos en niveles epizonales. Esta producción magmática ha dado lugar a diversas facies graníticas en la zona, descritas en el punto 2.2.1., entre otras rocas plutónicas están las de la serie mixta o leucogranitos porfídicos (+/- sillimanita) variable y las de grano fino, este estudio se centrara en muestras pertenecientes a estas últimas.

Hasta el momento existen pocos datos de edades de monacitas obtenidas por el método U-Th-Pb total en las rocas de la serie mixta. El autor García de Madinabeitia et al. (2003) calcularon la edad de las monacitas siguiendo el método de Montel et al. (1994) Del Plutón de Campanario-La Haba, recogido en un artículo, (Alonso Olazábal et al., 1999; Alonso Olazábal, 2001) separaron en dos grupos individuales el Plutón de Campanario-La Haba por marcadas diferencia de edades, y registraron los siguientes datos: para el conjunto de edades más tempranas ( $263 \pm 7$  Ma (MSWD = 0,9; n = 9)), y  $304 \pm 4$  Ma (MSWD = 1,9; n = 38) para el grupo con edades más tardías. Esta última edad de 304 Ma se corresponde con las obtenidas para este mismo Plutón por los métodos K-Ar:  $305 \pm 10$  Ma (Penha y Arribas, 1974) y Rb-Sr en roca total:  $304 \pm 6$  Ma (MSWD = 1,7; Alonso Olazábal, 2001; Alonso Olazábal et al., 2003), poniendo de manifiesto la posibilidad de la equiparación de las edades de monacitas obtenidas por el método U-Th-Pb total con las edades obtenidas por otros métodos de datación, también se están reflejados en un artículo, los estudios realizados en el Plutón Cabeza de Araya (M. Carracedo et al. 2005) que usando también el método Montel et al. (1994) que datan este Plutón con  $302 \pm 7$  Ma, estos autores han recogido en un tabla se muestra a continuación (Tabla 1.1) los datos geocronológicos publicados para las rocas volcánicas colindantes con la estudiada en este trabajo.

*Tabla 1.1.- Geocronología de los plutones de la serie mixta del batolito de Extremadura Central y la alineación magmática Alburquerque-Mérida-Pedroches (Carracedo et al, 2005).*

Plutón o batolito	Edad (en Ma)	Método	Autores
Albalá	313 ± 10	K-Ar (Ms)	Penha y Arribas (1974)
Albalá	302 ± 2	Rb-Sr (rt)	Escuder Viruete <i>et al.</i> (1999)
Nisa-Alburquerque	281 ± 10	K-Ar (Ms)	Penha y Arribas (1974)
Nisa-Alburquerque	287 ± 10	K-Ar (Bt)	Penha y Arribas (1974)
Nisa-Alburquerque	290 ± 8	Rb-Sr (rt)	Mendes (1968)
Nisa-Alburquerque	309 ± 20	Rb-Sr (rt)	Mendes (1968)
Nisa-Alburquerque	301 ± 9	Rb-Sr (rt)	Mendes (1968)
Nisa-Alburquerque	294 ± 11	Rb-Sr (rt)	González Menéndez (2002)
Cardeña-V. de la Cabeza	291 ± 15	K-Ar (Bt)	Penha y Arribas (1974)
Cardeña-V. de la Cabeza	310 ± 12	Rb/Sr (rt)	Larrea <i>et al.</i> (1999).
Campanario-La Haba	305 ± 10	K-Ar (Bt)	Penha y Arribas (1974)
Campanario-La Haba	309 ± 6	Rb-Sr (rt)	Alonso Olazabal <i>et al.</i> (1999)
Campanario-La Haba	304 ± 6	K-Ar (rt)	Alonso Olazabal <i>et al.</i> (2003)
Campanario-La Haba	307 ± 16	<sup>206</sup> Pb- <sup>207</sup> Pb (Zrn)	García de Madinabeitia <i>et al.</i> (2003)
Campanario-La Haba	304 ± 4	U-Th-Pb <sub>total</sub> (Mnz)	García de Madinabeitia <i>et al.</i> (2003)
Cabeza de Araya	303 ± 7	Rb-Sr (rt)	Bea (2004)
Granitos Pedroches	312 ± 8	Rb-Sr (rt)	Donaire <i>et al.</i> (1999)

Ms: moscovita; rt: roca total; Bt: biotita; Zrn: circón; Mnz: monacita.

## 1.4 Alternativas

En primer lugar es necesario explicar, que se pretende obtener una edad Absoluta por métodos radiométricos. A continuación, y a fin de facilitar la comprensión del estudio se muestran varias definiciones:

- **Datación relativa:** Sigue los principios geológicos fundamentales: Ley de la Superposición, Horizontalidad Original, Principio de Intersección, Inclusiones o Incrustaciones, Discontinuidades Estratigráficas y Correlación de Capas Rocosas.

No se obtiene una edad precisa por este método sino que sitúa los acontecimientos en orden secuencial.

- **Datación Absoluta:** Este método proporciona con precisión edades de formación de minerales. Se consigue mediante en estudio de isótopos radiactivos, que se desintegran emitiendo partículas subatómicas y mutando a isótopos de otros elementos más estables, liberando energía en el proceso La datación absoluta radiométrica nos permite medir con precisión las edades y es el método más utilizado actualmente.

- **Datación radiométrica:** Esta técnica es empleada para la estimación de edades absolutas de rocas, minerales etc. Basada en la descomposición radiactiva de los isotopos inestables que se fundamenta en las series de desintegración de isotopos con tasas constantes de decaimiento radiactivo.

Ernest Rutherford surgió que se podía calcular la edad midiendo la proporción entre elementos radiactivos (padres) y los elementos producto de la desintegración (hijos) de los minerales, pero para ello los elementos radiogénicos deben cumplir tres condiciones:

1. Que se trate de un elemento en cantidades apreciables y cuantificables.
2. Que la vida media de decaimiento radiogénico sea compatible con la edad que se pretenda medir.
3. Que las cantidades de elemento hijo sean fácilmente identificables con respecto a las cantidades de este mismo elemento presentes en el mineral que no tengan su origen en la citada desintegración del elemento padre.

A continuación se muestra una **tabla 1.2** elaborada por *Francisco Anguita Virella para la editorial Rueda* en la que se muestran varios elementos, junto con la vida media, utilizados en datación.

**Tabla 1.2 Series radiactivas utilizadas en datación radiométrica (Anguita Virella, 2003).**

Elemento Padre	Elemento Hijo	Vida Media (años)	Observaciones
Samario 147	Neodimio 143	$106.000 \times 10^6$	El mejor método en rocas metamórficas muy antiguas
Rubidio 87	Estroncio 87	$47.000 \times 10^6$	Utilizable en principio en cualquier tipo de roca
Uranio 238	Plomo 206	$4.510 \times 10^6$	El método más preciso
Potasio 40	Argón 40	$1.300 \times 10^6$	El método más común
Uranio 235	Plomo 207	$713 \times 10^6$	Igual que el uranio 238/plomo 206
Berilio 10	Boro 10	$1.5 \times 10^6$	Muy útil en rocas sedimentarias
Torio 230	Radio 226	75.000	Útiles en sedimentos marinos de menos de un millón de años
Protactinio 231	Actinio 227	34.300	Útiles en sedimentos marinos de menos de un millón de años
Carbono 14	Nitrógeno 14	5.730	Útil en materiales de origen biológico
Argón 39	Potasio 39	269	Para edades de agua o hielo inferiores a mil años
Tritio	Helio 3	12.43	Para edades de agua o hielo de sólo unas décadas.

Las alternativas están restringidas en nuestro caso por la composición mineralógica de las rocas estudiadas, costo de los métodos, escala de tiempo etc. Los métodos radiométricos de posible aplicación en la roca a datar son:

- **Datación Potasio- Argón (K/Ar):** Es un método surgido en la década de los sesenta utilizado para datar rocas volcánicas, consiste en medir la concentración de argón generado al enfriarse la roca, este dependerá de la concentración inicial de potasio y del tiempo transcurrido desde la solidificación. Se realiza una espectrometría de masas para el análisis cuantitativo y se necesitan unos 10 gramos de muestra para una medición fiable.
- Tiene varias limitaciones, entre otras que procesos posteriores de metamorfismo o leves recalentamientos de las rocas nos ocultarían la edad de formación. También que ciertos minerales podrían tener argón heredado, lo que transferiría a la técnica un gran error.
- **Datación Rubidio-Estroncio (Rb/Sr):** Consiste en cuantificar el isótopo de  $Sr^{87}$  que se forma por la desintegración de  $Rb^{87}$ , tiene un periodo de semidesintegración de  $47000 * 10^6$  años, lo que es más apto para edades antiguas.
- **Datación Samario-Neodimio (Sm/Nd):** Consiste en cuantificar el neodimio proveniente de la desintegración del samario que tiene una larga vida media de transmutación en torno a  $106000 * 10^6$ . Son elementos escasos, unido a que son más comunes en rocas maficas y ultramaficas, Las monacitas de nuestro estudio contienen muy bajas cantidades de estos elementos para ser utilizado.
- **Datación Uranio-Plomo: Datación:** dentro de este método se encuentran varios submétodos y todos ellos se basan en la cuantificación de isotopos padre de uranio y/o torio y elementos hijo de plomo.
  1. Método U-Th-Pb convencional. Fue el elegido en para realizar nuestro estudio, siendo utilizado en minerales con relativamente altos contenidos en U y Th (>150 ppm) y bajo contenido en Pb no radiogénico. Es utilizado en minerales accesorios como zircón, allanita, granate, monacita, etc. Las rocas volcánicas o metamórficas son idóneas para encontrar estos minerales.

Fases adoptadas de eventos tempranos, complican la interpretación de las edades, lo que supone un inconveniente a este método.
  2. Método de Pb  $\alpha$ , en la actualidad está en desuso.
  3. Serie de desequilibrio del U, se utiliza en datación de eventos del cuaternario.

En nuestro trabajo se ha optado por el método radiogénico de datación de U-Th-Pb en monacitas, por ser el que más se amoldaba a nuestras posibilidades. Las monacitas nos aportan cantidades suficientes de U, Th y Pb radiogénico, y además no contienen cantidades importantes Pb no radiogénico. Otro factor a tener en cuenta fue la accesibilidad física de los equipos (microscopio electrónico de barrido, microsonda, software, etc.), así como la sencillez de operación y los costes.

## 2 Datos geológicos previos

Lo indicado en este apartado ha sido tomado de memoria de la hoja 598 del Mapa Geológico Nacional (MAGNA) a escala 1/50.000, Plasencia (INTECSA, 1983).

La Hoja de Plasencia se sitúa en la zona centro norte de la provincia de Cáceres, siendo su rasgo geográfico más significativo el río Jerte, que, con una dirección NE-SO, siguiendo el accidente tectónico Alentejo-Plasencia, la divide prácticamente en dos mitades.

Geológicamente, se encuadra dentro del Macizo Hespérico, y más exactamente en la parte meridional de la Unidad Geológica Centroibérica. La Hoja está ocupada en un 80 por 100 de su superficie por rocas graníticas y migmatíticas del área granítica Béjar-Plasencia. El resto se reparte entre sedimentos anteordovícicos y neógenos, estos últimos pertenecientes principalmente a la cuenca cenozoica de Coria.

Tectónicamente, y desde un punto de vista regional, la característica más acusada es la presencia de una primera fase de deformación varisca que afecta a los sedimentos anteordovícicos y que origina pliegues de dirección ONO-ESE, de plano axial subvertical y fallas asociadas paralelas a ellos.

Con posterioridad se producen movimientos que dan lugar a deformaciones de escasa importancia. Finalmente, tienen lugar movimientos tardivariscos que serán los responsables de las fracturas de desgarre y pliegues de dirección perpendiculares u oblicuos a las estructuras de la primera fase.

Con anterioridad a las deformaciones variscas, tiene lugar una fase de deformación, posiblemente Sárdica, que puede ser observada puntualmente fuera del ámbito de la presente Hoja en pequeños pliegues cortados por la esquistosidad de primera fase varisca (S1) y que, en general, queda probada por la presencia de lineaciones (L1) fuertemente inclinadas.

En relación a la tectónica de las masas graníticas sólo es de resaltar la existencia de una banda milonítica en la que destaca la presencia de fallas normales de dirección próxima N 1200 E, que afectan tanto a los granitos de dos micas como a la facies de granito biotítico produciendo una banda de unos 8km, medidos en su eje principal y de aproximadamente 1.5 km de anchura media.

De otra parte, hay que mencionar, como accidente tectónico espectacular, La falla senestra Alentejo-Plasencia, que produce desplazamiento de hasta 3 Km. medidos en la horizontal y que recorre la Hoja con dirección NE-SO.

Entre los antecedentes geológicos en lo que respecta a los sedimentos ante ordovícicos, cabe mencionar, desde un punto de vista regional, los trabajos de LOTZE (1945-1966) y las Hojas geológicas del Plan MAGNA realizadas por BASCONES ALVIRA, L., y MARTIN HERRERO, D. (1978-1982), dentro de la provincia de Cáceres. Por lo que se refiere a las áreas graníticas y migmatíticas son de destacar los trabajos de GARCIA DE FIGUEROLA (1963-1965), UGIDOS y FERNANDEZ LAGUNA (1973) y UGIDOS (1973, 1974 a, b, c). De otra parte, la caracterización geoquímica ha sido establecida por BEA, F. (1975).

Finalmente, la estructura que determina el Valle del Jerte ha sido analizada también por VALLE DE LERSUNDI (1959) y por QUESADA GARCÍA (1960).

## 2.1 Estratigrafía

Respecto a los materiales sedimentarios, solo existen depósitos ante-ordovícicos del Complejo Esquisto Grauváquico y sedimentos neógenos, estos pertenecientes a dos cuencas bien diferenciadas: Cuenca de Coria y sedimentos asociados a la Falla de Plasencia. Finalmente, dentro de los depósitos cuaternarios cabe destacar los derrubios adosados a las sierras graníticas y las diferentes terrazas relacionadas con el río Jerte.

Bajo la denominación de Complejo Esquisto Grauvático se agrupa una potente serie sedimentaria de características turbidíticas, constituidas principalmente por grauvacas y pizarras que se disponen en niveles alternados de muy diversa potencia. Sin embargo, dentro de esta monotonía litológica se distinguen, a nivel muy puntual, intercalaciones conglomeríticas y/o cuarzo grauvacas, que en ningún caso constituyen niveles guía, pero que se han diferenciado ocasionalmente en la cartografía por contactos supuestos y se tratarán en esta Memoria separadamente.

## 2.2 Tectónico

Las deformaciones que han afectado a los materiales de la zona corresponden principalmente a la Orogenia Varisca, sobre todo, a una primera fase de plegamiento. Es evidente que las rocas precámbricas han sufrido un plegamiento anterior supuestamente sárdico, como se demuestra por la existencia de pliegues anteriores a la esquistosidad principal y atravesada por esta, así como por la abundancia de lineaciones de intersección fuertemente inclinadas dentro del complejo Esquisto-Grauváquico.

La primera fase de deformación varisca es la responsable de las principales estructuras plegadas que se observan, entre las que destaca el Sinclinorio de la Sierra de Canaveral, y también de un aplastamiento generalizado que ha dado lugar a la esquistosidad de flujo, casi siempre presente.

En relación quizá con la primera fase, pero con posterioridad a los pliegues, se ha desarrollado un importante sistema de fracturas paralelas a las grandes estructuras variscas.

Estas fracturas subverticales han actuado seguramente en varias ocasiones y aparecen hoy día como fallas normales o inversas de gran ángulo, según los lugares, aunque es probable que su principal función haya sido la de fracturas de desgarre.

Con posterioridad tienen lugar dos fases de deformación tardivariscos, sin orden cronológico establecido, pero en donde destaca una de ellas como la principal (N 30-50° E).

Finalmente, existen una serie de fallas oblicuas a las estructuras, que han actuado como fallas normales y de desgarre con pequeño desplazamiento, y que asimilamos al sistema de fracturas tardivariscas. Es a este sistema al que pertenece la falla de Alentejo-Plasencia, que produce desplazamientos en la horizontal de hasta 3 Km y que cruza la Hoja por el ángulo NO.

Por lo que se refiere, en particular, a los materiales graníticos cabe destacar que, aparte de estar afectados por los sistemas de fracturación tardivariscos, en mayor o menor grado, existe una banda milonítica, en la zona centro-oriental de la Hoja, que por sus características especiales se describe como una unidad granítica aparte.

### 2.2.1 Estructuras Prevariscas (fase Sárdica)

La presencia de una fase de plegamiento anterior a la Orogenia Varisca ha sido puesta de manifiesto en numerosas ocasiones y por diversos autores, basándose tanto en la existencia de una discordancia por debajo del Ordovícico Inferior, que descansa indistintamente sobre el Cámbrico o sobre el Precámbrico. Como en la aparición de pliegues ante-esquistosos y de Lineaciones de intersección (II) de la primera fase varisca, sub-verticales o con fuertes inclinaciones en los materiales del Precámbrico.

Un estudio de estos pliegues, que han sido asignados a una fase Sárdica, deduce que la dirección original de estos pliegues de edad Cámbrico Superior sería aproximadamente entre N-S y NE-SO.

Estos pliegues no llevarían asociadas ningún tipo de esquistosidad, o, al menos, esta no la han detectado.

### 2.2.2 Estructuras Variscas

Una vez plegado todo el conjunto de materiales que constituyen el C.E.G. por la fase Sárdica prevarisca, y después de un periodo erosivo, tiene lugar la sedimentación del Paleozoico. Es al final del Carbonífero Inferior cuando tiene lugar el inicio de la Orogenia Varisca que va a dar lugar a las diferentes estructuras que aparecen con mayor o menor grado de deformación en todo el Dominio Varisco.

Seguidamente, se exponen las características estructurales más acusadas observadas en toda la Hoja.

#### 2.2.2.1 Pliegues

##### 2.2.2.1.1 Pliegues de la primera fase Varisca.

Todos los pliegues vistos en los materiales del Complejo Esquisto Grauváquico del Precámbrico Superior deben su origen a la primera fase de deformación Varisca.

Dado que esta fase afecta a una superficie previamente plegada (Fase Sárdica), no se producen pliegues cilíndricos. Varias de estas estructuras se han interpretado a lo largo de toda la zona, correspondiendo su estilo al de pliegues similares, simétricos y asimétricos, con flancos bastante apretados y buzamientos generalizados superiores a los 70°, Los pianos axiales son sub-verticales.

##### 2.2.2.1.2 Pliegues tardíos.

Con posterioridad a la primera fase de deformación, tienen lugar una serie de movimientos tardíos que repliegan ligeramente las estructuras preexistentes.

Estos nuevos procesos de deformación no dan lugar a estructuras de primer orden y solo están presentes a nivel puntual mediante pliegues menores con un tamaño que varía de 5 cm. a 1 m.

### 2.2.2.2 Esquistosidades y Lineaciones

#### 2.2.2.2.1 Esquistosidad de primera fase varisca

La primera fase de deformación varisca origina a nivel regional una esquistosidad de flujo, que es subparalela al plano axial de los pliegues producidos por dicha fase, y que se encuentra bien desarrollada en todo el C. E. G.

A nivel estructural, la marcada esquistosidad de flujo nos permite, juntamente con criterios sedimentológicos, determinar la polaridad de las capas. Así, en zonas donde estos últimos métodos no son precisos, servirá de único criterio para determinar en una serie monoclinial plegada el techo y el muro en cada punto.

#### 2.2.2.2.2 Esquistosidades tardías

Las sucesivas etapas de plegamiento no llevan asociadas deformaciones mayores, por lo que solo existen pequeños pliegues, observados a nivel puntual, Se ha podido comprobar la existencia de una esquistosidad de crenulación localizada en varios puntos, y con frecuencia en el estudio al microscopio de diversas muestras.

Esta esquistosidad, en principio, la atribuimos a los pliegues de plano axial N 10-35° E. Por el contrario, en los distintos afloramientos en donde están presentes los pliegues de plano axial N 100-120 E no hemos visto que lleve asociado ningún tipo de esquistosidad.

#### 2.2.2.2.3 Lineaciones de primera fase varisca

##### ○ **Lineaciones de intersección**

La intersección de los planos de esquistosidad (S1) y la estratificación (S0) origina una lineación que es paralela a los ejes de los pliegues de la primera fase de deformación.

##### ○ **Lineaciones de estiramiento**

A este tipo de lineaciones pertenecen los estiramientos sufridos por granos y cantos que se localizan siempre a nivel puntual y no siempre con una misma uniformidad.

Las observaciones efectuadas corresponden a dos tipos de afloramientos:

- Deformaciones de granos de cuarzo con un tamaño no superior a los 0,5 cm. de diámetro, visibles en capas samíticas con granulometría grosera y en microconglomerados.
- Deformación de cantos de naturaleza cuarzograuváquica principalmente, dispersos en pizarras. El tamaño máximo de los cantos es de 4 a 6 cm, según el eje mayor del elipsoide de deformación.

### 2.2.2.3 Fracturas

Se distinguen dos tipos a escala regional que también están representados dentro del marco de la presente Hoja:

- **Dirección N 100-130° E**

Esta familia está bien definida, tanto en los materiales paleozoicos de las Hojas limítrofes hacia el S y SO de la que nos ocupa, como en los del C.E.G. Presenta direcciones comprendidas entre N 100 E y N 130 E, es decir, subparalelas a los pliegues, lo que hace pensar en un origen ligado a la formación de los mismos.

La existencia de estrías a escala regional en diversos puntos pone de manifiesto que dichas fallas son inversas y con planos subverticales.

- **Dirección N 15-50° E**

Constituye a nivel regional el principal sistema de fracturas. Del cual forma parte la falla de Alentejo-Plasencia. Esta fractura tiene un recorrido de más de 400 Km. De longitud y corresponde a una falla direccional senestra con desplazamiento horizontal de 3 Km. Atraviesa la Hoja por el NO con una dirección N 50 E.

Estas fallas son causantes de la inflexión que presentan todas las estructuras, tal como se puede observar en las medidas de So S1 y L1 existentes en sus proximidades.

- **Dirección N 150-160° E**

Corresponde a un sistema de fracturas de segundo o tercer orden con ligero desplazamiento horizontal y movimiento dentro que va asociado con el de dirección N 15-50° E ya descrito.

## 2.3 Rocas ígneas

El periodo de mayor producción magmática en la Zona Centro Ibérica estuvo comprendido entre los 290 y 330 Ma (*Bea et al., 2003*), este se correlaciona con las fases post-variscas, que produjeron numerosos emplazamientos de plutones alóctonos en niveles epizonales. Esta producción magmática ha dado lugar a diversas facies graníticas en la zona, descritas en el apartado 2.2.1. Entre otras rocas plutónicas están las de la serie mixta o leucogranitos porfídicos (+/- sillimanita) variable y las de grano fino. Este estudio se centrará en muestras pertenecientes a estas últimas.

Los principales grupos de rocas ígneas y migmatitas aflorantes en la hoja 1/50.000 (MAGNA, Anexo III) de Plasencia son:

### 2.3.1 Leucogranitos

Sus afloramientos se limitan a varias zonas situadas al sur de la hoja 508 y adquieren mayor entidad en la Hoja 555 (Malpartida de Plasencia).

Estos afloramientos se encuentran a rocas de tipo migmatítico con las que comparte una transición gradual. Son también frecuentes alternancias entre estos y las migmatitas.

Los Leucogranitos muestran un tamaño de grano fino y están constituidos por:

- Cuarzo: En cristales irregulares de tamaños variables incluidos con frecuencia en plagioclasas y feldespato potásico, presentando en estos casos contornos redondeados.
- Feldespato potásico: Raramente como cristales euhedrales, predomina en formas anhedrales con frecuencia de tipo intersticial.
- Plagioclasas: Es el único de los minerales esenciales que presenta formas subhedrales-euhedrales. Incluye cuarzo, biotita, apatito, sillimanita y feldespato potásico. El grado de alteración a sericita es muy variable pudiendo ser nulo en algunos afloramientos y prácticamente total en otros. El contenido en anórtita no supera el 12 por 100.
- Biotita: En láminas irregulares independientes o asociados a sillimanita. Es de destacar la escasez generalizada de inclusiones minerales accesorios como apatito o circón. Como productos de alteración presenta clorita, rutilo, ópalos y minerales de hierro. la alteración puede llegar a ser total en algunos casos.
- Moscovita: También en láminas irregulares y de tamaños variables asociadas siempre a otros minerales de los que procede por alteración, especialmente sillimanita y feldespato potásico. Su carácter secundario es, por tanto, claro en estos granitos.
- Sillimanita: Mineral frecuente en forma de haces de fibrolita o de prismas aciculares que pueden alcanzar 4-5 mm de longitud. Asociados a biotita o independientes pero casi siempre con una acusada transformación a moscovita.
- Granate: En uno de los afloramientos de leucogranitos se han encontrado granates cuyos tamaños pueden llegar a 1-1,5 cm. Presentan formas irregulares, inclusiones de cuarzo con extinción ondulante y variable grado de alteración a biotita.
- Cordierita: En un único caso ha sido posible observar agregados de clorita y moscovita cuya disposición conjunta es similar al hábito que con frecuencia se aprecia en los cristales de cordierita presentes en las rocas migmatíticas asociadas a estos granitos. Tales agregados deben pseudomorfizar, por tanto, un cristal original de cordierita.

Otros minerales son: Apatito, circón, opacos, minerales de hierro y turmalina. Con la excepción de este último, que es muy frecuente en todos los leucogranitos, los demás están muy poco representados.

Como aspectos complementarios se indica que estos granitos presentan una ligera cataclasis y un contenido variable en biotita, moscovita y sillimanita.

### 2.3.2 Granitos de dos micas ( $\pm$ sillimanita ) con carácter porfídico variable (7) e ídem en facies de grano fino (8)

Constituye el tipo granítico de más amplia representación cartográfica y también el menos homogéneo en lo que se refiere a sus características macroscópicas. Si bien, en su conjunto, puede considerarse como un granito de dos micas sillimanítico de grano medio en general y porfídico, tales aspectos son muy variables de forma que en realidad se pueden distinguir las siguientes facies: facies de dos micas s.s., facies biotíticas  $\pm$  moscovita y facies de grano fino. Todas ellas con variable contenido en sillimanita y las dos primeras, porfídicas o no, con un contenido muy irregular de megacristales de feldespato potásico y transiciones graduales entre sí, por lo que se han cartografiado conjuntamente. La reconsideración de datos anteriores, UGIDOS (1974 c), y los nuevos datos obtenidos en la realización de la Hoja de Plasencia han motivado que no se haga la distinción, dentro del conjunto de los granitos de dos micas, del granito de Torremenga, UGIDOS (op. Cit), ya que, en realidad, constituye también una facies de la masa general de dichos granitos y sus características petrográficas son de todo punto similares a las que pueden observarse en muchas de las zonas internas del conjunto.

La facies de grano fino es de más fácil diferenciación y se han representado las masas más importantes, si bien localmente pueden encontrarse también pequeñas extensiones decamétricas. El significado de esta facies en relación con las otras es problemático, ya que no hay una evidencia clara de las relaciones de campo. Por una parte, hay una aparente transición gradual con facies de grano medio y por otra se han encontrado también contactos netos con la facies porfídica, así como enclaves de granito de grano fino en ésta. Este aspecto sugiere que el granito de grano fino es anterior a las otras facies o corresponde a un borde enfriado de las mismas posteriormente englobado por ellos. En apoyo de este planteamiento debe indicarse que algunos afloramientos del granito fino se encuentran en el borde de la masa general. Pero, por otra parte, la disposición alineada de los afloramientos de Cabeza vellosa y del entorno próximo sugiere la posibilidad de autointrusiones derivadas del magma granítico general.

Independientemente de esta problemática es de destacar que en todas las facies se encuentran restos metamórficos migmatíticos similares a las rocas encajantes. Otro aspecto importante es la presencia de enclaves de rocas básicas (gabro y diabasa), si bien no son frecuentes. Se han localizado en Villar de Plasencia (en forma de bloques sueltos formando parte de una tapia, en la salida del pueblo hacia Cabezavellosa), en la carretera entre estas dos localidades (enclave en la facies de grano fino), en el Collado de Mingopedro (NE de Cabezavellosa) y en la carretera de Rebollar a la carretera de Plasencia-Barco de Ávila.

La relación entre estos granitos y migmatitas indica que los primeros son intrusivos y proceden de niveles más profundos en los que la asociación biotita-sillimanita permaneció estable durante los estadios anatócticos, tal como indica la abundancia de restos de dichos minerales y la rareza o ausencia de cordierita. Este carácter intrusivo viene marcado también por la presencia de enclaves de migmatitas de características idénticas a las que presentan las rocas encajantes, mientras que el granito, como se ha dicho, carece de cordierita.

El estudio microscópico muestra las siguientes características más destacables:

- **Cuarzo:** mayoritariamente en cristales irregulares de tamaño variable y en menor proporción, incluido en plagioclasas en forma de cristales de tendencia euhedral-subhedral. También formando parte de texturas mirmequíticas en los puntos de contacto plagioclasa-feldespatos potásico.
- **Plagioclasas:** en general bajo la forma de cristales de hábito euhedral-subhedral con zonado difuso directo. Contenido medio en anortita en torno al 25 por 100 como valor máximo más frecuente, si bien en alguna ocasión se han encontrado valores más altos en zonas internas. Las zonas más externas de las plagioclasas pueden presentar valores próximos al 8 por 100. Los contenidos en anortita señalados son comunes a todas las facies indicadas, como valores máximos y mínimos, pero la abundancia de individuos con altos contenidos en anortita es muy variable de unos afloramientos a otros incluso dentro de la misma facies. Como inclusiones presentan biotita, circón, cuarzo, sillimanita y excepcionalmente pequeños cristales de cordierita.
- **Feldespatos potásico:** generalmente en cristales de tendencia euhedral que pueden en algún caso llegar a tamaños próximos a los 10 cm. en las facies porfídicas, si bien los tamaños más frecuentes oscilan entre 4-5 cm. Puede encontrarse también en formas irregulares entre los otros componentes minerales a los que también incluye. En general es peritítico. Su relación textural con las plagioclasas es compleja y en algunos casos aparenta estar incluido en las mismas.
- **Biotita:** en láminas de tendencia subhedral que presentan como inclusiones circón, apatito, xenotima y opacos. Otro tipo de biotita es la asociada a sillimanita y/o fibrolita cuya relación textural es la misma que la que estos minerales presentan en las migmatitas. La alteración más frecuente de la biotita es la clorita y rutilo si bien en algunas ocasiones se encuentra también anatasa.
- **Moscovita:** componente mineral cuantitativamente variable, se presenta generalmente en láminas irregulares asociadas a los productos de transformación de otros minerales, especialmente sillimanita. En algunos casos, no obstante, su relación textural sugiere un posible origen primario.
- **Sillimanita:** con idénticas características a las señaladas en las rocas migmatíticas, es un mineral muy frecuente en estos granitos especialmente en afloramientos próximos a las rocas migmatíticas. En estos casos llega a predominar la sillimanita sobre la moscovita con lo que estaría justificado el nombre de granito biotítico-sillimanítico.

Otros minerales de carácter accesorio son: apatito, circón, anatasa, minerales de hierro, turmalina, rutilo, topacio y cordierita, siendo este último particularmente escaso y siempre pinnitizado.

### 2.3.3 Granitos biotíticos porfídicos $\pm$ cordierita $\pm$ moscovita (9)

Se encuentran exclusivamente en el cuadrante NE de la Hoja y constituyen, en cuanto a su extensión el segundo grupo de rocas graníticas dentro de esta. Se caracterizan por su aspecto porfídico marcado por la presencia de megacristales de feldespato potásico cuyas dimensiones pueden llegar a 10 cm., si bien los tamaños más frecuentes oscilan en torno a los 5-7 cm. Es de destacar la homogeneidad generalizada de estos granitos en 10 que se refiere a la abundancia y distribución de dichos megacristales. Este aspecto, así como la tonalidad más oscura y la escasez o ausencia de moscovita, como mineral fundamental, han sido los criterios de campo en los que se ha basado su distinción cartográfica.

Los granitos biotíticos presentan frecuentes enclaves de rocas metamórfico-migmatíticas en el área próxima del complejo migmatítico-granítico. Datos, tanto de esta Hoja como de áreas adyacentes revelan, por otra parte, que son frecuentes los enclaves de gabro, tonalitas y otras rocas básicas, así como transiciones a facies de tipo granodiorítico. Desde un punto de vista mineralógico otro aspecto diferenciador respecto a los granitos de dos micas, es que en estos no se han encontrado prismas de cordierita apreciables macroscópicamente, mientras que en los granitos biotíticos son frecuentes las facies con prismas de cordierita (pinnita) cuyos tamaños oscilan alrededor de 1-2 cm., como valor medio.

Desde un punto de vista petrográfico presentan las siguientes características:

- a) **Cuarzo:** En granos de tamaños variables y siempre de formas irregulares. Constituye un componente esencial, tardío en su cristalización, ejerciendo un efecto de corrosión, a veces marcado, sobre plagioclasas y biotita. En parte se encuentra también incluido en plagioclasas, si bien son poco frecuentes en los casos de cuarzo temprano. Presenta como inclusiones apatito, zircón, biotita, opacos y, en alguna ocasión, pequeñas agujas de fibrolita, si bien este aspecto es muy poco frecuente. Otro tipo de cuarzo es el asociado a texturas mirmequíticas, en los bordes albiticos de plagioclasas que se encuentran en contacto con feldespato potásico. El desarrollo de esta textura es poco acusado y no siempre que están en contacto plagioclasas y feldespato potásico tiene lugar su formación, en cualquier caso es poco frecuente.
- b) **Plagioclasas:** Bajo la forma de cristales euhedrales-subhedrales con variable grado de alteración a sericita. El contenido medio en anortita se mantiene en torno al 25 por 100, con un zonado difuso, hasta valores del 20 por 100 en los bordes y una corona exterior con contenidos del orden de 12-15 por 100 e inferiores. Estos valores son los más frecuentes en las zonas próximas al contacto con los granitos de dos micas y con el complejo migmatítico. En zonas más internas del granito biotítico se han encontrado valores del contenido en que oscilan del 28 al 32 por 100 llegando en algún caso al 35 por 100.

Como inclusiones presenta: biotita, zircón, apatito, láminas de moscovita y sillimanita. Aparentemente incluyen también feldespato potásico siendo poco claro el significado de esta relación textural, ya que la situación normal y más frecuente es la inversa. No hay

evidencia definitiva acerca de si se trata de un efecto de corrosión del feldespato potásico sobre la plagioclasa o si, por el contrario, el momento de cristalización del primero coincide en parte con el de la segunda.

- **Biotita:** En láminas subhedrales en general y de tamaños variables. Incluye apatito, circón, xenotima y opacos. La alteración más frecuente es a clorita y rutilo que se dispone sa-geníticamente. En algunos pasos la alteración es total. Menos frecuente es la asociación clorita-anatasa como productos de alteración.
- **Feldespato potásico:** En general como cristales subhedrales-euhedrales, pertíticos, de tamaño variables. También en cristales irregulares de carácter intersticial aunque con menos frecuencia. Puede incluir a todos los otros componentes minerales.
- **Moscovita:** Es el más abundante de los componentes accesorios y se encuentra en forma de láminas de características muy variables dependiendo de las transformaciones de los minerales de los que procede, lo que refleja su carácter secundario. No obstante, en algunos casos se encuentran láminas aisladas y con bordes netos incluidas en plagioclasas sin que, aparentemente, tengan relación con otro u otros minerales. Este aspecto podría sugerir un posible origen primario para la moscovita pero es difícil afirmarlo taxativamente ya que se pueden observar también láminas de aspecto similar asociadas a finas agujas de sillimanita, estando el conjunto incluido en plagioclasas.
- **Cordierita:** pseudomorfos pinníticos de este mineral son relativamente frecuentes y llegan a alcanzar tamaños de hasta 1,2 cm. Típicamente se presentan en formas euhedrales-subhedrales.
- **Sillimanita:** en prismas aislados o no, así como en haces de individuos aciculares, con variable grado de alteración a moscovita. Pueden estar incluidos en plagioclasas, cuarzo y feldespato potásico, así como asociados a biotita. En cualquier caso es un mineral poco abundante.
- Otros minerales accesorios son: Apatito, circón, xenotima, frecuentemente incluidos en biotita, rutilo, tanto formando parte de los productos de alteración de la biotita como en cristales independientes (muy escasos), opacos, minerales de hierro y anatasa.

### 2.3.4 Complejo migmatítico-granítico (10)

Se denomina así a la franja situada en el cuadrante NE de la Hoja, caracterizada por una amplia variedad petrográfica en la que se incluyen los siguientes tipos de rocas: esquistos y cuarzo-esquistos, migmatitas. Leuco-granitos, granitos de dos micas y granitos biotíticos porfídicos (único caso del que se han señalado varios afloramientos). La distribución irregular de estas rocas, las difíciles condiciones de observación, la variación de los tipos petrográficos de unos afloramientos a otros, la abundancia de restos y enclaves migmatíticos dispersos, así como las modificaciones petrográficas causadas por el efecto mecánico de los esfuerzos tectónicos que se han superpuesto a estas rocas han hecho aconsejable utilizar la denominación de “complejo migmatítico-granítico” para esta zona.

## 2.4 Migmatitas

Sus afloramientos se encuentran en el ángulo SE de la Hoja prolongándose hacia el NO según una estrecha franja hasta las proximidades del accidente tectónico Alentejo-Plasencia. No obstante, como ya se ha expuesto en el apartado de rocas plutónicas, su presencia es una constante en toda el área oriental. El estudio de las rocas migmatíticas que ha sido realizado por diversos autores, de un modo generalizado puede indicarse que:

- a) Los grupos básicos de migmatitas, metatexitas y diatexitas, no presentan una distribución espacial, definida sino que ambos alternan de forma irregular de unos afloramientos a otros.
- b) Dentro del conjunto de migmatitas pueden distinguirse dos grupos mineralógicos diferentes: migmatitas con biotita-sillimanita residual y neosome de composición granítica y migmatitas cordieríticas cuyo neosome es de composición granocuarzodiorítica con abundante cordierita.
- c) Las primeras muestran transición a leucogranitos y tanto estos como aquellas están afectados por, al menos, una fase de deformación post-S1, Las segundas son más tardías y su neosoma no está afectado por dicha fase.
- d) Son frecuentes en zonas internas de los granitos restos de migmatitas de idénticas características a las encajantes.
- e) Las proporciones de movilizado anatético y de componente residual son muy variables oscilando el aspecto macroscópico de las migmatitas entre tipos flebíticos y estromáticos.

### 3 Trabajos realizados, materiales y equipos

#### 3.1 Muestreo

Para el estudio se utilizaron dos muestras (APL 15 y APL 14) recogidas por José María Ugidos Meana (Universidad de Salamanca) en los alrededores de Plasencia (Fig. 3.2) correspondientes a las facies dominantes en la zona (Granitos de dos micas de grano fino o ¿PORFÍDICO?).

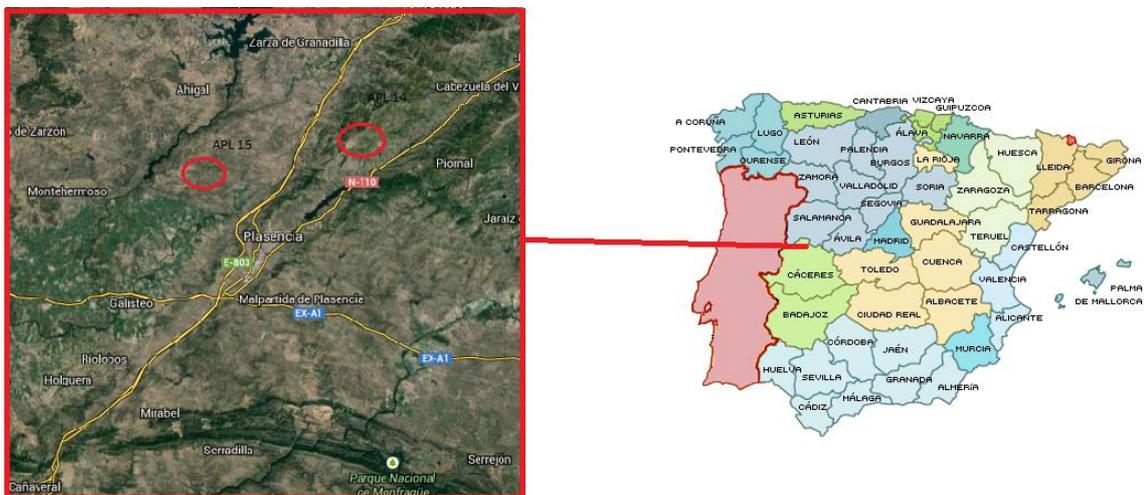


Figura 3.1.- Lugares de recogida de muestras.

#### 3.2 Preparación de muestras

Después de la recogida, las muestras se referencian con el lugar y la polaridad, se elige un plano de corte y con la ayuda de una cortadora de disco adiamantado refrigerada por agua (fig. 3.16) se cortan en prismas rectangulares de aproximadamente 4x3x1 cm.



Figura 3.2.- Sierra de disco esmerilado refrigerada por agua (Laboratorio de petrología, Facultad geología, Univ. Oviedo).

El paso siguiente es elegir la cara del taco que ira pegada al cristal porta muestras, para pulir esta con la ayuda de polvo de carburo de silicio, el cual esta molido en diferentes granulometrías, desde grano 100 hasta 1000. La muestra es devastada sobre cristal esmerilado, usando agua como lubricante y utilizando las diferentes granulometrías de carburo de silicio, disminuyendo así en cada etapa de pulido el calibre de grano. Esta tarea se realiza a mano como se ve en la figura 3.17 y pretende alisar el cristal paso a paso eliminando los relieves, hasta conseguir una superficie lisa y pulida.

Cuando la superficie es óptima se une al cristal portamuestras con resina de epoxi (también llamado bálsamo de Canadá).



Figura 3.3.-Banco de pulido (Fotografía de archivo).

A continuación se somete a presión con el fin de eliminar las posibles burbujas y cementar el epoxy sobre una plancha caliente durante unos minutos figura 3.18.



Figura 3.4.- Eliminación de las burbujas aplicando presión y a la derecha plancha caliente con muestras.

En este momento se procede al grabado sobre el cristal portamuestras de la referencia de la muestra, mediante el rallado con un lápiz de diamante.

Por último se reduce el grosor de la muestra a 1 mm utilizando una cortadora de precisión (fig.3.19) para posteriormente, con una rectificadora, reducir el espesor de la muestra a 300  $\mu\text{m}$ . Para ello se coloca el cristal portamuestras en el portamuestras de la rectificadora (fig.3.19).



Figura 3.5.- Cortadora de precisión (Laboratorio de petrología, Facultad geología, Univ. Oviedo).

La muestra está lista entonces para pasarla a la devastadora (fig.3.20), la cual está programada para reducir la muestra de 300  $\mu\text{m}$  a 30  $\mu\text{m}$ . El funcionamiento de dicha máquina consiste en un disco giratorio sobre el cual se presiona la muestra y es lubricado con agua.



Figura 3.6.- devastadora programable (Laboratorio de petrología, Facultad geología, Univ. Oviedo).

Dependiendo de la dureza de la roca de la muestra se usaran discos aptos o se añadirán abrasivos a base de corindón, alúmina, carburo de silicio o carburo de tungsteno.

También se podría realizar a mano el devastado y pulido como ya se ha descrito anteriormente.

El espesor de la lámina es controlado mediante los colores de interferencia de los minerales en el microscopio petrográfico (microscopio óptico con luz polarizada), y, por último, cuando se consigue un espesor de 30  $\mu\text{m}$  la muestra se somete a un pulido final con una maquina pulidora tradicional (fig.3.21).

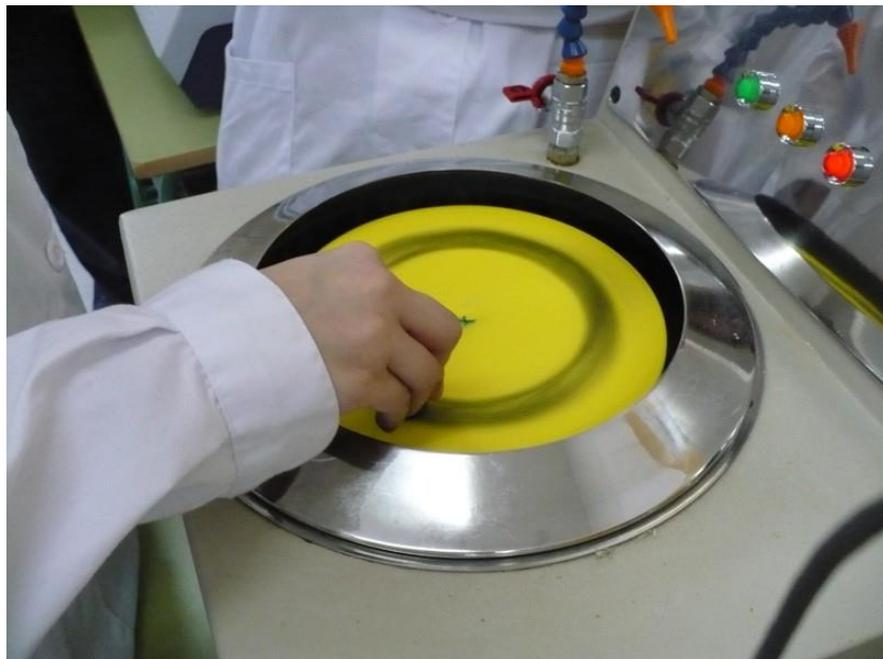


Figura 3.7.- devastadora programable.

En la figura 3.22 se observa la estructura creada donde se ve en orden ascendente el cristal portamuestras, la resina de Epoxi y la muestra.



Figura 3.8.-Estructura de la muestra.

De la manera descrita se han preparado para el estudio que nos ocupa 4 láminas delgadas de dos muestras de roca que son APL 15, APL 15 (1), APL 15 (2), de una primera muestra y APL 14 de una segunda muestra, según se observa en la figura 3.23 situada en la parte inferior.

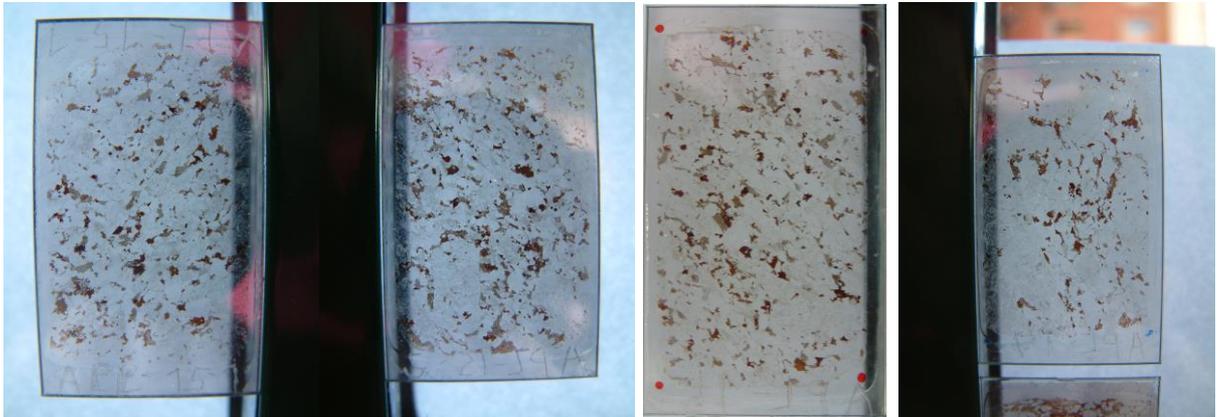


Figura 3.9.- Láminas delgadas de izquierda a derecha APL 15 (1), APL 15 (2), APL 15, APL 14.

Como último paso para que la muestra pudiera ser analizada es necesario hacerla conductora de la electricidad, para ello y, como norma general, se atomiza la muestra con una finísima capa de oro de unos pocos nanómetros de grosor; aunque en muestras pétreas es más aconsejable atomizarlas con carbono, porque el oro puede formar parte de la estructura de los minerales de la muestra. Así fue como se realizó en las cuatro láminas.

Abajo podemos ver en la figura 3.10 el esquema de metalizador o atomizador de carbono que, básicamente, consiste en dos electrodos conectados a una fuente de corriente alterna de alta intensidad y baja tensión, unidos a una barra de carbono con punta afilada. Al paso de la corriente por la barra ésta se descompone y rocía finamente la muestra con una capa de escasos nanómetros de espesor. El equipo está al vacío para facilitar la deposición.

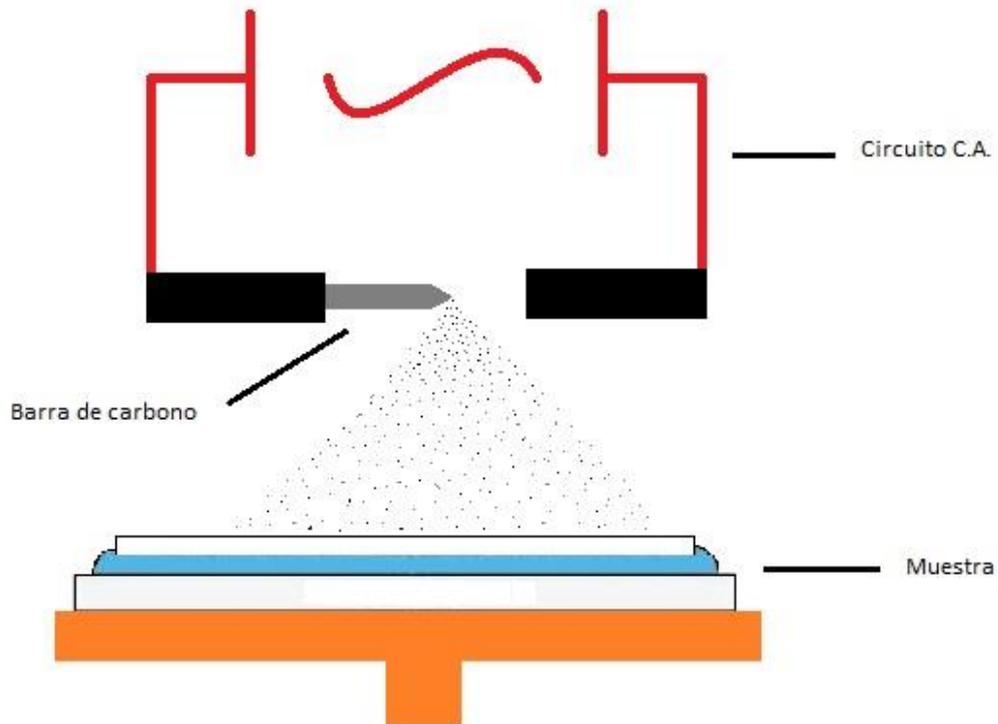


Figura 3.10.- Esquema de un atomizador de carbono.

### 3.3 Microscopía óptica

#### 3.3.1 Fundamentos teóricos

En el microscopio óptico las muestras aparecen en oscuro sobre fonda claro. Es posible alcanzar 1000 aumentos con facilidad pudiendo llegar en algunos casos hasta 2000 dependiendo del aparato y la técnica utilizada, pero la resolución nos limita los aumentos. Se entiende como resolución la capacidad de distinguir dos puntos adyacentes como distintos y separados. Es función de la longitud de onda y de la apertura que posea el conjunto de lentes empleados.

Este estudio se centra en los microscopios compuestos, que a diferencia de lo simples combinan dos conjuntos de lentes convergentes de imagen, colocadas en el extremo del tubo. Hoy en día la mayoría de microscopios de este tipo cuentan con cabezal binocular, para amedrentar la fatiga provocada en la vista por los monoculares.

Existen varios tipos de microscopios compuestos: estereoscopios, de luz ultravioleta, etc. Se hace énfasis en los de luz reflejada y polarizada que son los que se han utilizado.

- **Microscopio de luz reflejada:**

Este equipo se usa para aumentar muestras de minerales metálicos u opacos; por ello se conocen con el nombre de metalográficos. Necesita un foco de luz

polarizada que incida perpendicularmente sobre la superficie pulida de la muestra y un iluminador de opacos. Así, a través de un polarizador, los rayos de luz se dirigen perpendicularmente sobre la superficie del mineral y son reflejados en sentido opuesto al acular.

Las monacitas no son fácilmente reconocibles por luz reflejada. Aunque este método haya sido útil para orientación dentro de la muestra, para el reconocimiento de las monacitas se ha aplicado la técnica de luz polarizada (explicada en el siguiente apartado) donde la monacita se reconoce fácilmente, entre otras razones, por aparecer a su alrededor una aureola negra, debida a la acción que la radiación provoca al destruir la estructura cristalina de los minerales encajantes.

○ **Microscopio de luz polarizada:**

Este microscopio presenta una modificación respecto al anterior; se añaden dos polarizadores, uno entre el condensador y la muestra y otro entre la muestra y el observador. El polarizador consiste en un cristal de nicol que únicamente deja pasar la luz que vibra en un único plano. Esta luz produce en el campo del microscopio luz o claridad según que los nicoles estén paralelos o cruzados. (fig. 3.33).

● Principio de funcionamiento:

Al introducir un material isótropo, este propaga la luz que lo atraviesa con la misma velocidad cualquiera que sea la dirección de esta. En cambio en un anisótropo o birrefringente no se deja atravesar por la misma velocidad de onda de luz dependiendo de la dirección.

● Medición de la birrefringencia:

Esta se expresa cuantitativamente por la diferencia que existe entre dos índices de refracción ( $N_e - N_o$ ) que están asociados con el rayo de mayor y el de menor velocidad. Cuando se hace girar  $360^\circ$  la muestra aparece brillante y oscuro alternativamente cada  $180^\circ$ ; de este modo se pueden diferenciar los minerales según su estructura cristalina.

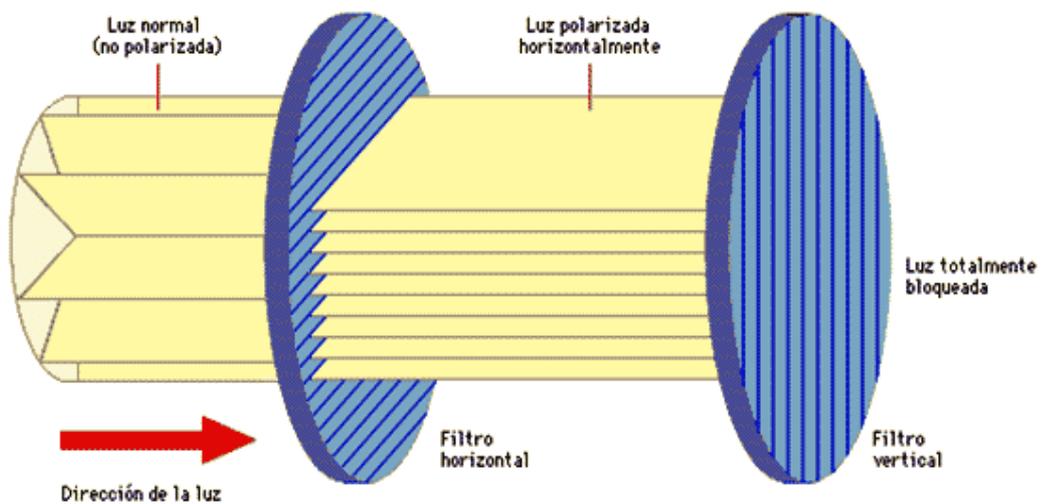


Figura 3.11.-Efecto de la luz al atravesar los polarizadores.

### 3.3.2 Equipos y Trabajo realizado

La única muestra que ha sido tratada con el microscopio óptico ha sido la lámina APL 15, la cual fue estudiada en un microscopio petrográfico Olympus BX51, equipado con una cámara Olympus Camedia C-5050 Zoom (fig. 3.12)

Como apoyo a la hora de la identificación en la microsonda se ha realizado también un cuaderno con las fotografías necesarias para la identificación en la microsonda. Dicho cuaderno ha sido de gran utilidad para la identificación de las monacitas.



Figura 3.12.- microscopio petrográfico Olympus BX51 (universidad de León).

## 3.4 Microscopía Electrónica de Barrido

### 3.4.1 Fundamentos teóricos

Antes de explicar el proceso utilizado para este estudio, se describe el equipo y los fundamentos teóricos para dar base a la descripción del trabajo realizado en las láminas delgadas.

Se incide un delgado haz de electrones acelerados, con energías desde unos cientos de eV hasta unas decenas de keV (50 KeV), sobre una muestra, opaca a los electrones. Este haz se focaliza sobre la superficie de la muestra, de forma que realiza un barrido de la misma siguiendo una trayectoria de líneas paralelas (fig. 3.25).

El haz generado por un cátodo de tungsteno se hace pasar por una columna a la que se le ha hecho el vacío, en la cual están ubicadas una serie de lentes electromagnéticas, con el fin de acelerar esos electrones y afinar el haz.

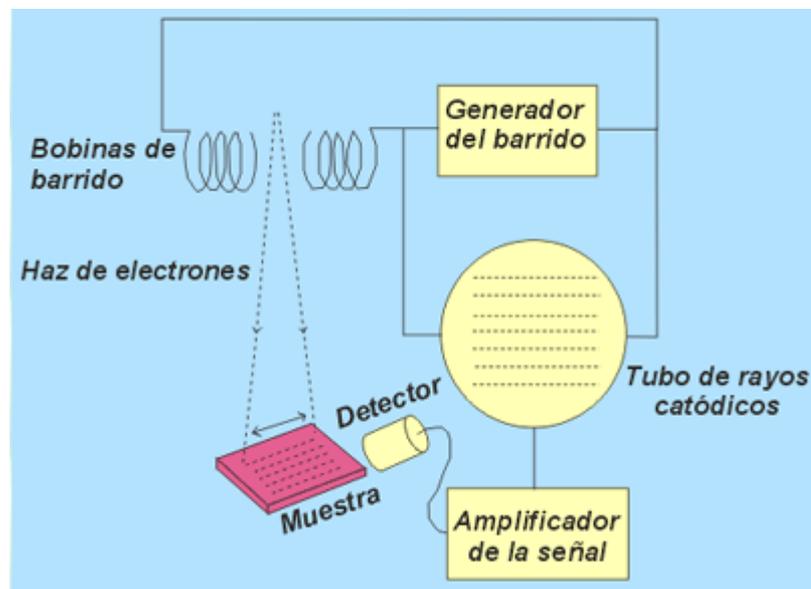


Figura 3.13.-Infografía de microscopio electrónico ([www.uned.es](http://www.uned.es)).

Cuando el haz es puntual atraviesa un sistema de bobinas situadas en la columna la cual desplaza el haz por toda la muestra como si fuera un pincel.

De la interacción del haz electrónico con la superficie de la muestra genera una serie de reacciones, entre otras: la admisión de esos electrones por la muestra, electrones que atraviesan la muestra (TEM), electrones secundarios, electrones retrodispersados y emisión de ondas electromagnéticas (Rayos X), (fig. 3.26). Las tres últimas se explican a continuación.

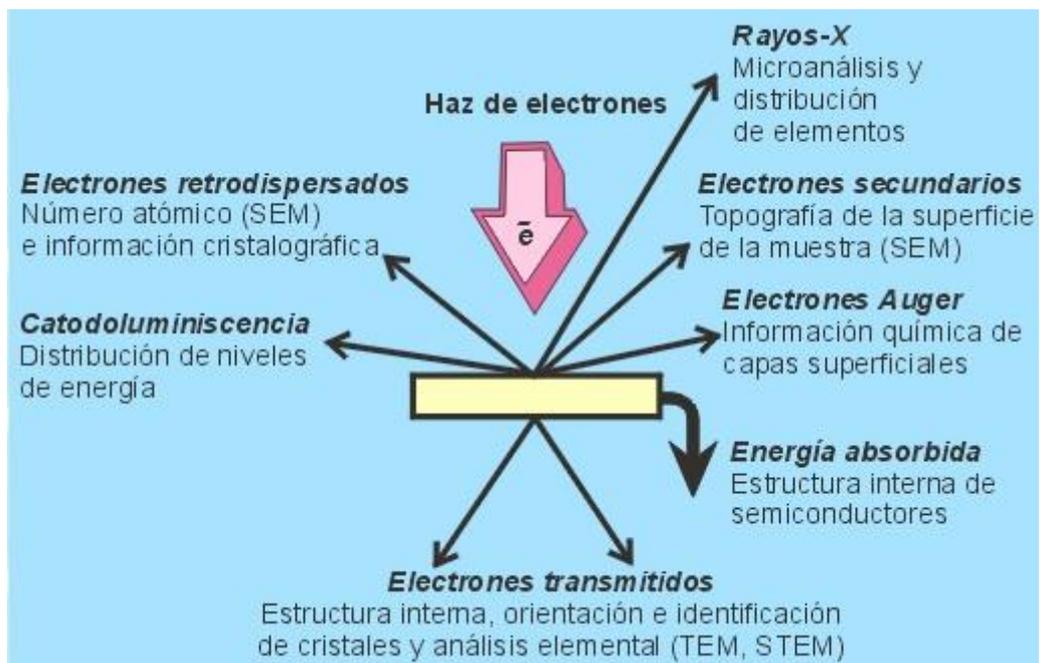


Figura 3.14.-Reacciones en la muestra y posibilidades de lectura que ofrece. (www.uned.es).

En primer lugar se explica la detección de los electrones secundarios pese a que, para este estudio, no se ha utilizado.

- **Detección electrones secundarios (SEI: Secondary Electron Image):** La señal recibida es de más baja energía que la señal emitida por los electrones primarios, menor de **50 eV**. Cada material presenta un coeficiente secundario, que es característico, y se define como “la relación que existe entre los electrones emitidos por la superficie de la muestra con respecto a los que impactan”.

Los electrones secundarios que se desprenden de cada punto, se detectan mediante un cristal de centello. Este cristal está unido al extremo de un bastón de Lucita y el otro extremo descansando contra la ventana del tubo fotomultiplicador. Así, los electrones secundarios colectados alcanzarán un centellador, donde se origina una señal luminosa que, amplificada por un fotomultiplicador, se convierte en una cascada de fotones. Estos fotones inciden en el fotocátodo, que es parte del fotomultiplicador, y se genera finalmente una señal eléctrica amplificada, capaz de modular el haz de un tubo de rayos catódicos, obteniéndose de esta forma un punto correspondiente de la imagen.

El alto voltaje que se aplica a la grilla del detector hace que los electrones secundarios, de baja energía, recorran una trayectoria curva al dejar la superficie de la muestra. Esto permite obtener señales aún de regiones muy inclinadas con respecto al detector, además de acelerarlas con respecto a él. Esto no sucede en el caso de electrones retrodifundidos. (*MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO, Víctor Pobleto P.et al, 2001*). (fig. 3.15)

Ello produce una imagen topográfica de la muestra, que nos da una visión de la forma real, lo cual no es aplicable en este estudio puesto que la muestra ha sido pulida y es totalmente lisa.

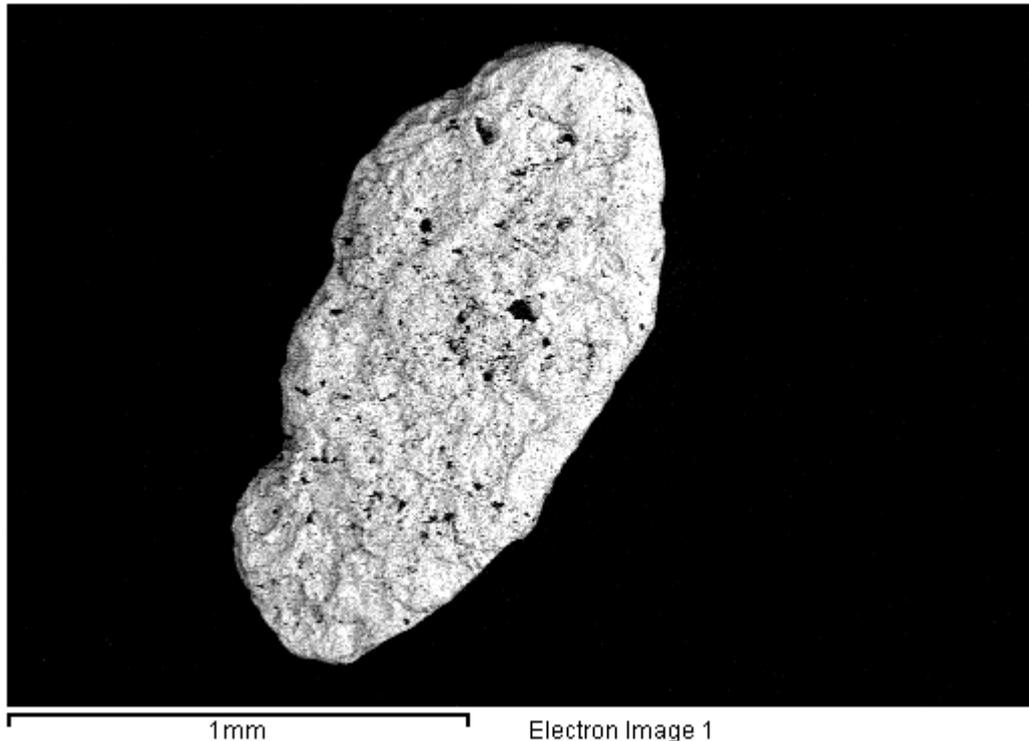


Figura 3.15.- Micrografía de secundarios (SEI) Pepita de oro en la que se aprecia el relieve.

- **Detección electrones Primarios (I):** Tanto los electrones secundarios como los retrodispersados son captados con mismo detector, así que el funcionamiento queda descrito en el punto anterior. Recordar que los electrones primarios tiene mayor energía que los secundarios, y al viajar en línea recta producen imágenes de contraste muy acentuado.

La intensidad de emisión de los electrones retrodispersados depende del número atómico medio de los átomos de la muestra, así los átomos más pesados producen mayor cantidad de electrones retrodispersados (*Teoría de SEM, [www.uned.es](http://www.uned.es)*), es decir, la imagen generada nos muestra diferencias en la composición química de la muestra, por diferencias de contraste. (Fig. 3.17)

- **Radiación X:** Las ondas electromagnéticas emitidas por la muestra al impactarla puntualmente con un haz de electrones, pueden ser utilizadas para hacer un microanálisis químico semicuantitativo, mediante espectrometría de dispersión de longitudes de onda.

Los electrones incidentes excitan los átomos de la muestra y provocan la emisión de rayos X, cuya longitud de onda es característica de los elementos presentes en

la muestra y, cuya intensidad para una determinada longitud de onda, es proporcional a la concentración relativa del elemento.

Normalmente se obtiene un análisis cualitativo de los constituyentes mayoritarios y minoritarios de pequeñas áreas (1mm); sin embargo, en muestras planas y bien pulidas, es posible hacer análisis cuantitativos al comparar la intensidad de los rayos X a cualquier intensidad producida en una muestra estándar (patrón) de composición conocida (*Teoría de SEM*, [www.uned.es](http://www.uned.es)).

El microanálisis de rayos X ha sido muy útil en este estudio a la hora de buscar los minerales de monacita.

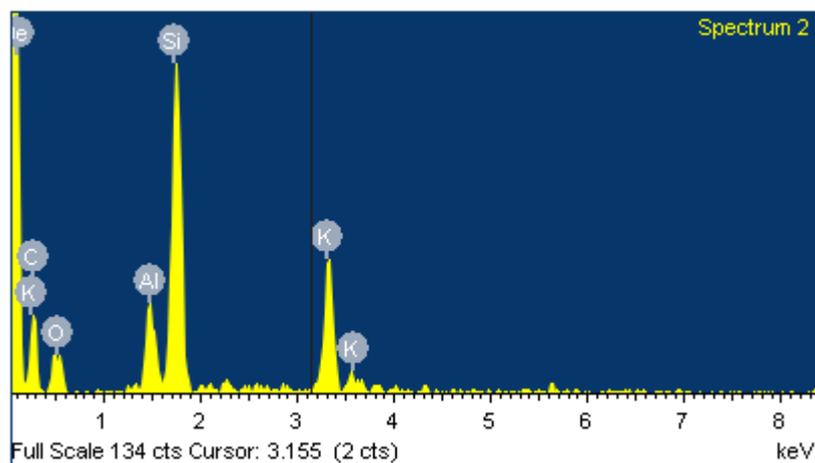


Figura 3.16.- Gráfico de microanálisis Rayos X de un feldespato potásico.

#### 3.4.2 Equipos y Trabajos realizados

Las láminas delgadas pulidas APL 15; APL 15 (1); APL 15 (2) y APL 14, las tres primeras de la muestra APL 15 y la cuarta de AL 14, fueron recubiertas con grafito y estudiadas en un microscopio electrónico de barrido (SEM), marca JEOL JSM-6480, equipado con un detector D6679 EDS.

Principalmente el trabajo realizado en el microscopio electrónico consiste en la identificación de los minerales de monacita presentes, para ello se realiza un barrido de la lámina delgada tomando imágenes de toda la muestra para, posteriormente, realizar un mapeo digital. Todo el proceso se lleva a cabo con detección de electrones primarios puesto que el mineral de monacita tiene una elevada densidad entre 4.5 y 5.6 gr/cm<sup>3</sup>, que es de los más elevados de minerales presentes en la muestra, por lo cual con el adecuado contraste de la imagen la monacita era fácilmente identificable por ser brillante, pese a su reducido tamaño (ver fig. 3.17).

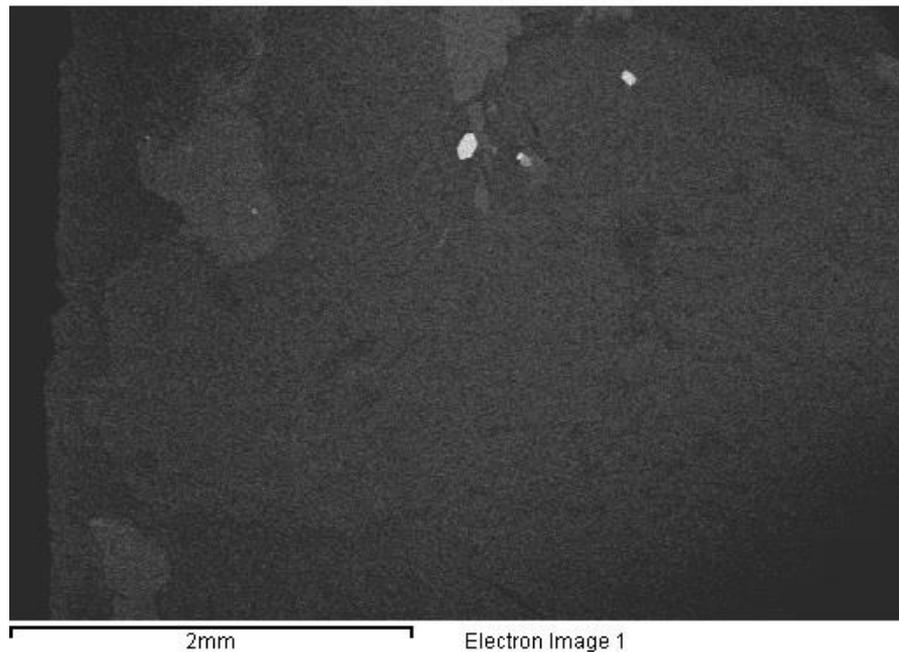


Figura 3.17.- Imagen tomada con detectores de electrones primarios donde se observan tres monacitas y el contraste con respecto a los feldspatos y biotitas que lo rodean, se puede ver un zircón en un tono menos brillante unido a una monacita en el centro de la imagen.

En las muestras también existen minerales con densidades altas como zircón (en torno a  $4.60 \text{ gr/cm}^3$ ), ilmenita ( $4.60 \text{ gr/cm}^3$ ) o pirita ( $4.95$  a  $5.1 \text{ gr/cm}^3$ ) entre otros. Para poder diferenciar éstos de las monacitas se recurrió al microanálisis con rayos X, obteniendo así la composición química y resolviendo posibles incertidumbres. Se puede observar el gráfico en la fig. 3.18 correspondiente al análisis puntual de un monacita. Los picos corresponden a los electrones del primer orbital y del segundo de los átomos de oxígeno, fósforo y en menor proporción de cerio y lantano.

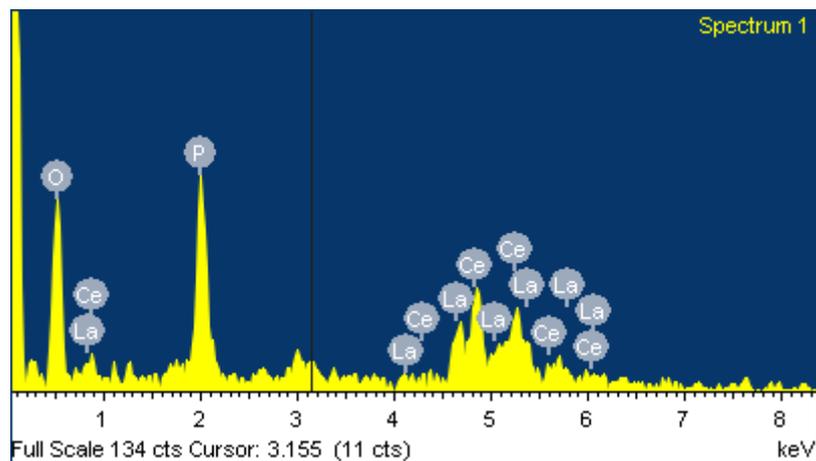


Figura 3.18.- Microanálisis de Rayos X realizado a una monacita.

Después de haber sido reconocidas las monacitas y hecho el análisis, se exportan los datos del microscopio electrónico en formato de texto Word (.doc), de los cuales se extrae la información necesaria descrita en puntos posteriores. Los archivos de texto no se han adjuntado en forma de anexo en este documento por ser muy extensos.

En este estudio se optó por utilizar dos métodos a la hora de preparar las láminas para la microsonda.

El primero de ellos consiste en dibujar sobre la propia lámina círculos alrededor de las monacitas y la ruta a seguir por la microsonda en el análisis. Para ello se observan las monacitas tomadas por el microscopio electrónico (SEM) y se tratan de identificar con la ayuda del microscopio óptico en posición de luz polarizada con nicoles cruzados (Explicado en el punto 3.3). Después de identificada la monacita se posiciona el microscopio óptico en luz transmitida dejándonos esta luz la monacita bien señalada y pudiendo así marcarla con un rotulador permanente, como podemos ver en la (fig. 3.19).

Este método nos plantea dos problemas:

- La difícil apreciación de las monacitas en el microscopio.
- Al dibujar directamente sobre la lámina cualquier error provoca un problema.



Figura 3.19.- Señalizado de monacitas en lámina.

Por ello se planteó y utilizó finalmente el segundo método al que hacíamos referencia. Este se basa en la composición de un mapa formado por las fotografías tomadas por el microscopio electrónico (SEM) (fig. 3.31).

Esta segunda forma es laboriosa pero nos permite corregir errores de identificación fácilmente.

Después de tomar las fotografías con el microscopio electrónico (SEM) se realiza una superposición utilizando el programa AutoCAD. Consiste en buscar los puntos en común de las fotos consecutivas y utilizarlos como referencia para unir las fotos.

De esta manera se consigue un mapa digital donde las monacitas, que se reconocen fácilmente, se señalan.

Este método se ha utilizado para las láminas APL 15 (1); APL 15 (2) y APL 14 de las cuales, aparte de realizar el mapa digital, se ha impreso un cuaderno en el que se han integrado todas las fotografías necesarias para la identificación de las monacitas. Este cuaderno ha sido de gran utilidad a la hora de encontrar los minerales en la microsonda.

A parte de la lámina con la ruta y las monacitas señaladas del primer caso y el mapa digital del segundo, también se hace un cuaderno por lámina con todas las imágenes entendidas como necesarias para la identificación de las monacitas.

En el anejo III se encuentran las imágenes de los mapas digitales ya con la ruta tanto de APL 14 como de APL 15.

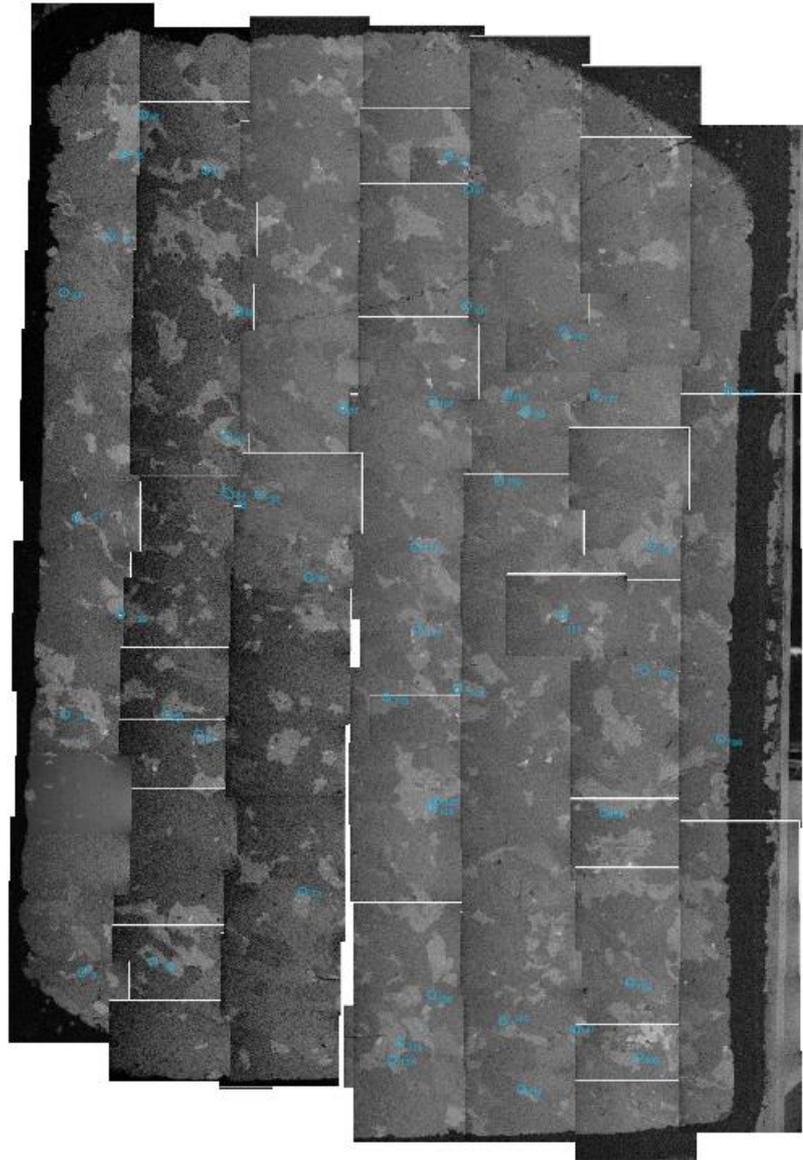


Figura 3.20.- Composición fotográfica con las monacitas indicadas de una lámina delgada, concretamente corresponde a APL 15 (1).

## 3.5 Microsonda electrónica

### 3.5.1 Fundamentos teóricos

La microsonda electrónica (EMPA) no deja de ser un microscopio electrónico de barrido (SEM) diseñado y optimizado para que reconozca la composición química de una sustancia sólida en áreas muy pequeñas (a escala micrométrica). En la figura 3.21 se ve el esquema general descriptivo de la microsonda (a), una imagen de la microsonda (b), y el portamuestras en detalle (c).

El sistema automatizado para el microanálisis de rayos-X se controla con el sistema operativo Windows y tiene las siguientes características:

- Automatización computarizada completamente interactiva que incluye haz de electrones, detectores y automatización de la columna.
- Adquisición de imágenes computarizadas con análisis de imágenes y análisis de fases multi-elementales.
- Mapas de rayos-X WDS y EDS, barridos lineales, y adquisición de mapas WDS y EDS; el procesador de pulso digital suministra el filtro óptimo para obtener la mejor señal. Límites de detección mínimos mejorados.

Las principales razones que justifican la aplicación del análisis de microsonda electrónica (EMPA) a la geología, particularmente en mineralogía y petrología, son:

- Favorece el uso de las técnicas convencionales de preparación de secciones delgadas con sólo algunas modificaciones.
- Es una técnica no destructiva que permite obtener de forma rutinaria un análisis elemental cuantitativo con una precisión en una región de  $\mu\text{m}$ .
- Permite la determinación de todos los elementos por encima del número atómico 10 con una gran precisión y sensibilidad, aunque con una menor sensibilidad para aquellos entre 5 y 10 (H, He y Li no son detectados).
- Límites de detección (típicamente en la región de 50 ppm) lo suficientemente bajos para facilitar la determinación de elementos menores y trazas en muchos casos.
- Tiene un tiempo de análisis relativamente corto, usualmente de 1 a 5 minutos. En nuestro caso alrededor de 35 minutos.
- Resolución espacial del orden de  $1\mu\text{m}$ , facilitando la obtención de la mayor parte de los rasgos de interés.
- Permite el análisis in situ de granos minerales individuales con sus relaciones texturales no distorsionadas y visibles; el tiempo requerido para el cambio de especímenes muy corto.

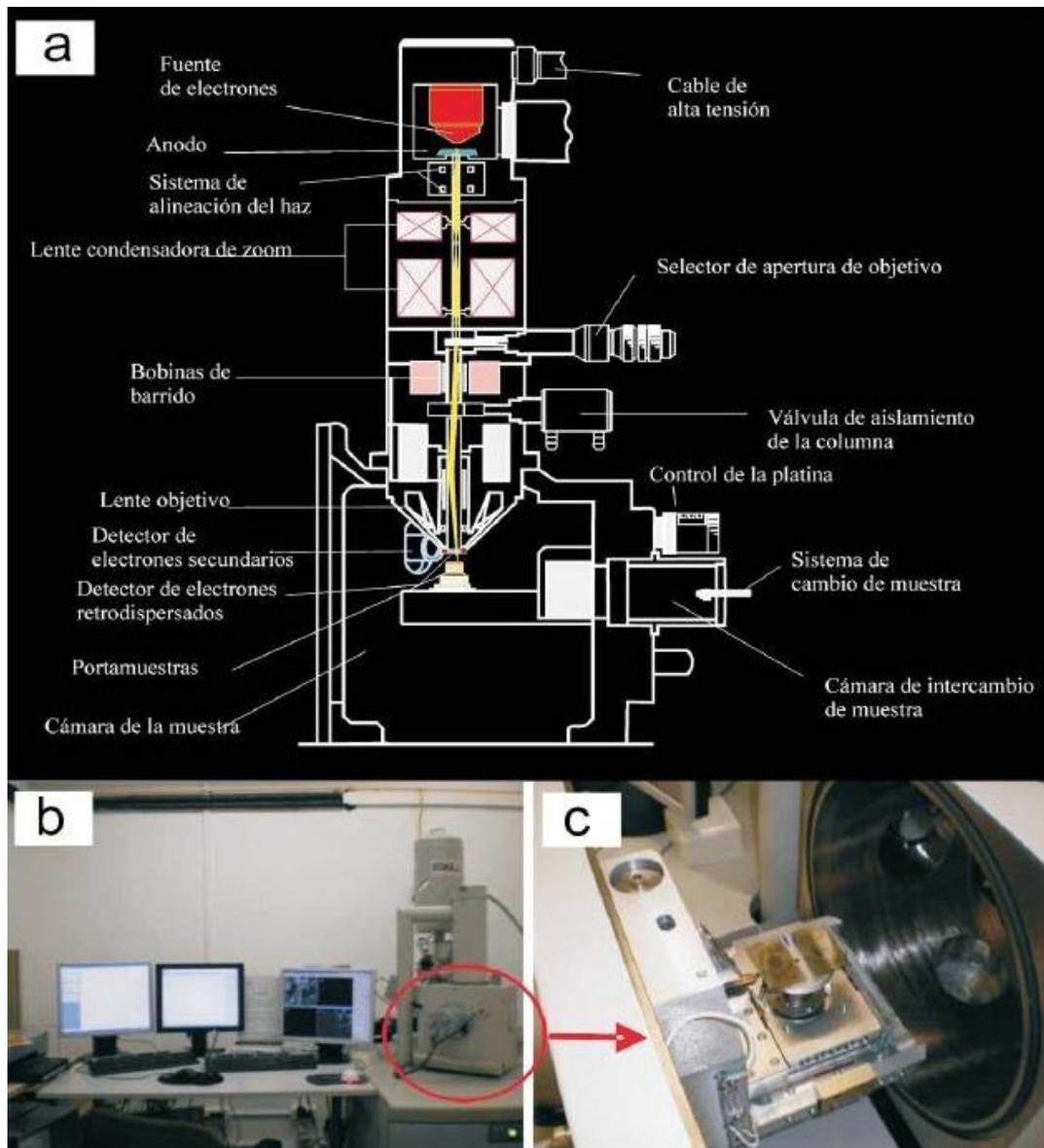


Figura 3.21.- Esquema de microsonda y detalle de portamuestras.

### 3.5.2 Equipos y trabajos realizados

En el análisis fue utilizada la microsonda de *Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo*, cuyo modelo es *Cameca SX 100*.

Para la búsqueda de las monacitas necesaria para memorizar la ruta de análisis, la microsonda cuenta con microscopía electrónica de barrido, análisis de radiación X instantánea y microscopía óptica entre otras herramientas. En la figura 3.22 se observa una de las pantallas del ordenador que controla la microsonda. En ella se ve el análisis de radiación X y las barras de colores que muestran las proporciones de Europio, Cerio y Potasio, clara señal de estar fijada encima de la monacita.

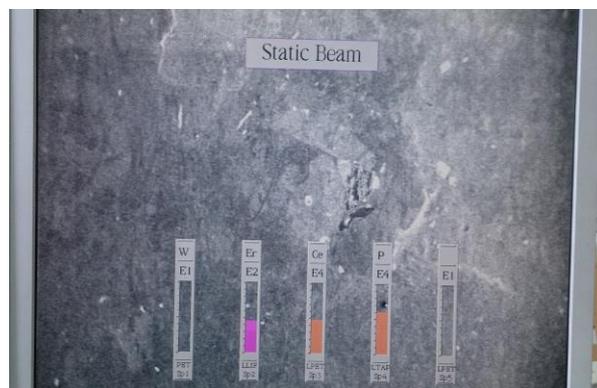


Figura 3.22.- Pantalla de la microsonda donde se visualiza el análisis de radiación X.

En el caso de APL 15 se llevaron identificadas todas las monacitas mayores de 20  $\mu\text{m}$  y dibujada la ruta a seguir por la microsonda. El trabajo de laboratorio consistió en memorizar y programar los análisis, tomándose únicamente las monacitas que lo permitían por tener mayor tamaño.

Se realizaron hasta un total de 40 análisis con una duración de 23 horas; aproximadamente 34 minutos por análisis.

Por defecto el programa que gestiona la microsonda reporta datos pertenecientes a los pesos atómicos totales, partes por millón (ppm) y número total de átomos de cada elemento, además el porcentaje atómico de los óxidos. Los datos fueron posteriormente recopilados en una hoja de Excel.

Como ya se indicó en apartados anteriores, para APL 15 (1), APL 15 (2) y APL 14 se realizó un mapeo digital con las Imagen de Electrones Retrodispersados (descrito en el apartado 3.4.2) con el que el reconocimiento de los minerales se realizó fácilmente, al permitirnos dicho mapa, aumentar y disminuir la imagen como fuera preciso. El inconveniente que esto presentó fue la necesidad de utilizar un ordenador portátil adicional.

Ver figura 3.23 donde se muestra una visión de la microsonda y las pantallas y controles tomada en una de las sesiones.

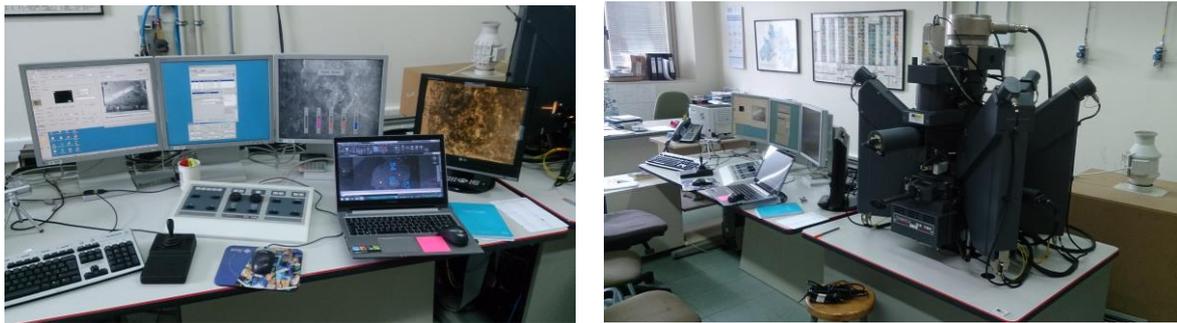


Figura 3.23.- A la derecha se puede ver la microsonda electrónica y a la izquierda las pantallas de control (*Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo*).

Las monacitas que no fueron descartadas por su pequeño tamaño ( $< 20 \mu\text{m}$ ) en el proceso de creación del mapeo, fueron rechazadas en la fase de memorización junto con la incorporación de análisis extra en las monacitas de mayor tamaño.

Para APL 15 (1) se realizaron 52 análisis con un tiempo de 30 horas, en APL 15 (2), se realizaron 52 análisis con un total de 30 horas, y para APL 14 fueron analizados 66 análisis con un tiempo de 38 horas. Destacar que en APL 14 se encontraron un total de 108 monacitas pero no hubo tiempo para analizarlas todas.

Durante las sesiones de memorizado y programación de análisis se aprovechó para reflejar la ruta seguida por la microsonda con el fin de identificar cada monacita con tu análisis posteriormente. Los datos recogidos de los análisis fueron reportados en formato de hoja de Excel como en el caso de APL 15.

### 3.6 Geocronología: el método Th-U-Pb para datación de monacita

**Geocronología:** *Ciencia que estudia las diversas épocas geológicas y su duración, así como el tiempo de formación de una roca, un ambiente, etc.*

*Conjunto de métodos que permiten datar formaciones geológicas, formas topográficas, vestigios de plantas y animales, tejidos antiguos y, en consecuencia, reconstituir evoluciones paleontológicas.*

La aplicación de técnicas de microanálisis para geocronología dio a luz a una nueva disciplina en ciencias de la tierra que se puede llamar microgeocronología. Desde el principio *Froude et al. (1983)*, dijo que se había conseguido un éxito enorme en este tipo de trabajos, ya que proporciona información que no se puede obtener por cualquier otro método. Hasta ahora, la mayoría de los resultados publicados con esta técnica son sobre todo edades de zircón U-Pb (*por ejemplo, Williams, 1992*).

El uso de la técnica de microanálisis no es nuevo, en la disciplina de ciencias de tierra, Desde los años sesenta el uso de la sonda electrónica se ha convertido en rutina para los geólogos, porque es accesible y se obtienen resultados rápidamente y produce análisis precisos y exactos.

Se ha utilizado la microsonda para obtener edades en minerales uraníferos y de torio tales como uraninita o torita (*Cameron-Shiman et al 1978. Cuney et al, 1982*). Ejemplos de

la aplicación de este método en estos es raro porque son difíciles de identificar en sección delgada y fácil de restablecer por un evento térmico. También se han llevado a cabo con éxito utilizando monacita, que es un mineral más común (Suzuki y Adachi, 1991; Suzuki y Adachi 1994. Suzuki et al, 1994; Montel et al, 1994. Foret et al, 1994).

Casos más cercanos como la datación del Plutón de cabeza de Araya y el dique de Granovillas (M. Carracedo, J.I. Gil Ibarguchi, S. García de Madinabeitia y T. Berrocal, 2005) o Campanario-La haba (García de Madinabeitia et al. 2003), estudios realizados en la zona centro ibérica sobre monacitas abalan este método además de aportar a este estudio información para contrarrestar las conclusiones obtenidas.

Estos resultados demuestran que este método es muy prometedor y podría ofrecer, a un gran número de geólogos, el acceso a una tecnología de microanálisis de monacitas in situ.

### 3.6.1 Fundamentos teóricos

Debido a que la monacita es rica en torio 3-15 % en peso y U hasta un 5 %, el plomo radiogénico se acumula muy rápidamente, y en menos de 100 millones años alcanza un nivel en el que se puede obtener una medida utilizando microsonda electrónica. La edad calculada por este método tiene un significado geológico si:

- el plomo no radiogénico es despreciable.
- si no ha habido circulación de uranio.

La validez de este método, en el caso de monacita, es discutido por Montel et al. (1994).

El área de trabajo utilizada en microsonda electrónica en términos de superficie analizada es dos órdenes de magnitud más pequeñas que la utilizada con la microsonda de iones, esto ha dado la capacidad de analizar las edades para áreas muy pequeñas y es lo que ha hecho posible demostrar la falta de procesos de difusión significativas en monacita a 700 ° C (Cocherie et al, 1998) e incluso de hasta 900 ° C, de acuerdo con Braun et al. (1998), si el fluido no está involucrado. Dichos autores mostraron que si los fluidos interactúan con un grano de monacita, no lo hacen con todo el grano de monacita sino con las partes más exteriores del grano. Por lo tanto, el efecto de la interacción fluido mineral se limita habitualmente a zonas próximas a las fracturas del cristal. Lo que hace posible la datación de la formación inicial de la monacita y los posibles procesos metamórficos posteriores a su formación pueden ser fechados por separado, si las temperaturas no exceden esa franja de 700-900 °C.

La limitación efectiva del método de microsonda electrónica es debido a una mala precisión en lo que respecta U, Th, y la determinación de Pb. El error calculado en base a la edad para cada punto analizado depende del contenido U y Th de la monacita, a más rica en U y Th, más rica es en contenido de Pb, por eso el método es más efectivo también a mayor número de monacitas analizadas. Con el análisis de microsonda electrónica, el error absoluto en U, Th y Pb es casi constante (150 ppm). Sin embargo, debido a la normalización, el error relativo de U y Th no debe ser razonablemente mayor del 2 %.

El error de frecuencia varía de 45 Ma a 120 Ma para las edades de 300 Ma y 3000 Ma, respectivamente, para el tratamiento estadístico de un conjunto de edades homogéneas.

Sin embargo, a veces es difícil, a partir de datos sólo de microsonda electrónica, distinguir entre dos eventos metamórficos situados a menos de 100 Ma.

Otra limitación para la monacita por microsonda electrónica surge del hecho de que el plomo puede provenir del torio o del uranio y por este método no se puede diferenciar su procedencia únicamente se puede estimar. (fig.3.24) decaimiento de uranio y del torio para dar plomo 206 o 207.

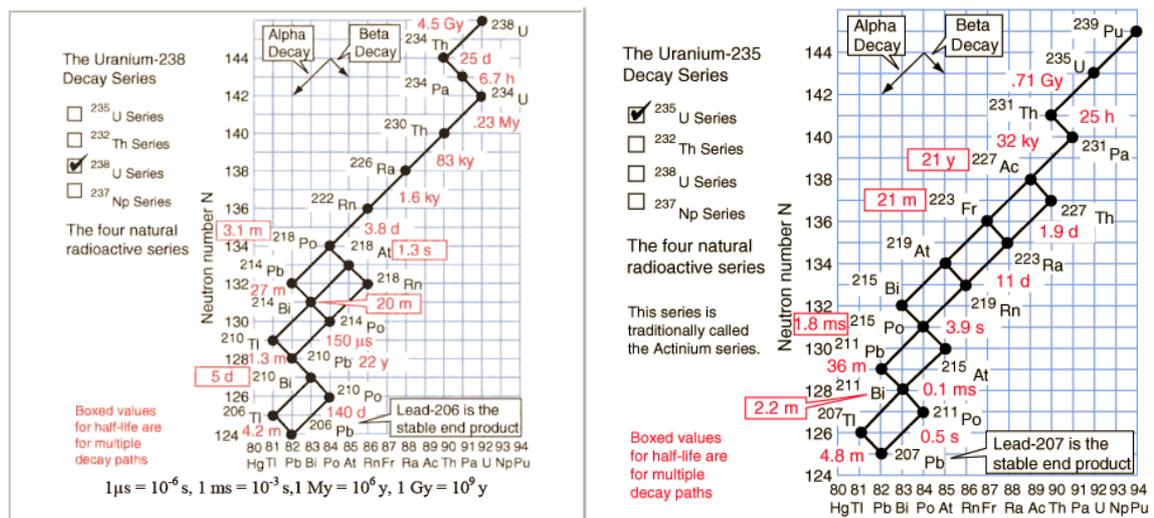


Figura 3.24.- Series de decaimiento del uranio 238 a la derecha y torio 231 a la izquierda.

El programa EMPA Dating descrito en el apartado 3.7.1, nos simplifica los cálculos necesarios para llegar tener únicamente los datos necesarios, este nos compila los datos de errores aceptables y medias para interceptar edades, para que posteriormente ISOPLOT nos dibuje las gráficas.

EMPA Dating tiene en cuenta el procedimiento de Cocherie et al. (1998) detectando el limite (2σ) 150 ppm para el plomo y el uranio y considerando un error relativo no mayor del 2 % para torio y uranio que en concentraciones es 7500 ppm. Es decir EMPA Dating realiza un descarte de análisis que están fuera de estos límites.

EMPA Dating puede desechar análisis en función de su composición de óxidos según su baja calidad y su error aceptable.

## 3.7 Tratamiento informático de datos geocronológicos

### 3.7.1 EMPA Dating

Es un programa de complemento de Microsoft Excel para determinar las edades U-Th-Pb de las mediciones de la microsonda de electrones (EPMA). Se utiliza con ISOPLOT (Ludwig, 1999).

EPMA Dating puede:

- Importar del Cameca archivos ". Cor" como hojas compatibles de Excel.
- Calcular la edad,  $Th * U *$ ,  $U / Pb$  y  $Th / Pb$  y sus errores con el fin de recopilar diagramas ISOPLOT.
- Seleccionar, eliminar la selección y rechazar los puntos de medición.
- Calcular la edad a partir de la pendiente de la isócrona creada por ISOPLOT.

Una vez que se han elaborado uno o varios diagramas, se puede usar EPMA dating para calcular la edad isócrona del mineral (de varios granos, un solo grano o dominios específicos de un grano. Para ello se deben recuperar primero los datos procesados por el ISOPLOT.

Para los diagramas de  $Pb = f(M *)$  y  $Pb = f(U *)$  usted debe saber la pendiente y su error. También puede conservar la MSWD (útil para estimar la calidad de la regresión). También se requiere de masa atómica de Pb medio, que puede introducirse de dos maneras:

- Introduciendo el valor (asegúrese de ingresar sólo un punto).
- hacer clic en el cuadro de PMA y, a partir de la tabla, seleccionar el rango PMA (sólo el punto del diagrama).

Para la  $U / Pb = f(Th / Pb)$  Diagrama que necesita:

- La intersección con  $U / Pb$  ejes y su error
- La intersección con  $Th / Pb$  ejes y su error
- El centro de gravedad de la línea de mejor ajuste
- La pendiente y su error
- El MSWD (no es realmente necesario, pero útil para estimar la calidad de la regresión)

La intersección con el eje  $Th / Pb$  y sus errores no se dan por ISOPLOT, pero esto se puede leer en el diagrama. Para validar la edad calculada en el centroide, las edades independientes  $U -Pb$  y  $Th -Pb$  (edades de intercepción) deben ser equivalentes en sus errores individuales.

Las tablas de datos reportadas por EMPA Dating siguen el método descrito por *Cocherie y Albarede (2001)*. Las tablas son:

- La edad y el error de la pendiente de Pb frente a Th.
- U-Th-Pb edad y error.

- Edad de Th/Pb interceptando el eje de U/Pb.

Ecuaciones que utiliza EMPA Dating:

- Ecuación 1 – Edad y error absoluto:

$$\bullet \text{ Pb} = [\text{Th} * (e^{\lambda_{232t}} - 1) * M_{208}/M_{232}] + [\text{U} * (e^{\lambda_{238t}} - 1) * M_{206}/M_{238} * 0.9928] + [\text{U} * (e^{\lambda_{235t}} - 1) * M_{207}/M_{235} * 0.0072]$$

Donde:

- Pb, Th y U son concentraciones en ppm.
  - T es la edad en millones de años.
  - $M_{206}$ ,  $M_{207}$ ,  $M_{208}$ ,  $M_{235}$ ,  $M_{238}$ ,  $M_{232}$  son las masas atómicas de  $\text{Pb}^{206}$ ,  $\text{Pb}^{207}$ ,  $\text{Pb}^{208}$ ,  $\text{U}^{235}$ ,  $\text{U}^{238}$ ,  $\text{Th}^{232}$ .
  - $\lambda_{238} = 1.5512 * 10^{-10} \text{ a}^{-1}$
  - $\lambda_{235} = 9.8485 * 10^{-10} \text{ a}^{-1}$
  - $\lambda_{232} = 0.4947 * 10^{-10} \text{ a}^{-1}$
  - $\text{U}^{238}/\text{U}^{235} + \text{U}^{238} = 0.9928$  y  $\text{U}^{235}/\text{U}^{235} + \text{U}^{238} = 0.0072$
- Ecuación 2 – masa atómica de Pb:
    - $M_{\text{Pb}} = \{ [M_{206} * M_{206} / M_{238} * 0.9928 * (e^{\lambda_{238t}} - 1)] * \text{U} + [M_{207} * M_{207} / M_{235} * 0.0072 * (e^{\lambda_{235t}} - 1)] * \text{U} + [M_{208} * M_{208} / M_{232} * (e^{\lambda_{232t}} - 1)] * \text{Th} \} / \text{Pb}$
  - Ecuación 3 – Th aparente:
    - $\text{Th}^* = \text{Th} + M_{232} * \text{U} / (e^{\lambda_{232t}} - 1) * \{ 0.9928 / M_{238} * (e^{\lambda_{238t}} - 1) + 0.0072 / M_{235} * (e^{\lambda_{235t}} - 1) \}$
  - Ecuación 4 – U aparente:
    - $\text{U}^* = \text{U} + \{ [\text{Th} * (e^{\lambda_{232t}} - 1) / M_{232}] / [M_{238} * (e^{\lambda_{238t}} - 1) / M_{238}] + [M_{235} * (e^{\lambda_{235t}} - 1) / M_{235}] \}$
  - Ecuación 5 – Coeficiente de correlación:

- $\rho_{U/Pb\ Th/Pb} = E^2_{Pb} / [(E^2_U + E^2_{Pb}) + (E^2_{Th} + E^2_{Pb})]^{-2}$

Dónde:

- $\rho_{U/Pb\ Th/Pb}$  es la correlación de entre los errores U/Pb u Th/Pb y  $E_{Pb}$ ,  $E_{Th}$ ,  $E_U$  son los porcentajes de error de Pb, Th y U.

Todas la operaciones realizadas por EMPA Dating tienen en cuenta el procedimiento de Cocherie et al. (1998).

A continuación en la figura 3.25 se muestra el cuadro de dialogo donde se seleccionan los datos necesarios de la tabla reportada por la microsonda (anexo I).

El cuadro de dialogo nos pide en primer lugar que se indique el mineral( en este caso monacita) y que se inserten las columnas de % en peso de Ce, La, Pb, Th y U. También se introduce el error que debe asumir el programa en la suma del total del porcentaje de pesos.

En la figura 3.25 se observa en sombreado las filas que el programa descarta por no cumplir los márgenes admisibles de sumas totales y tanto por ciento de peso.

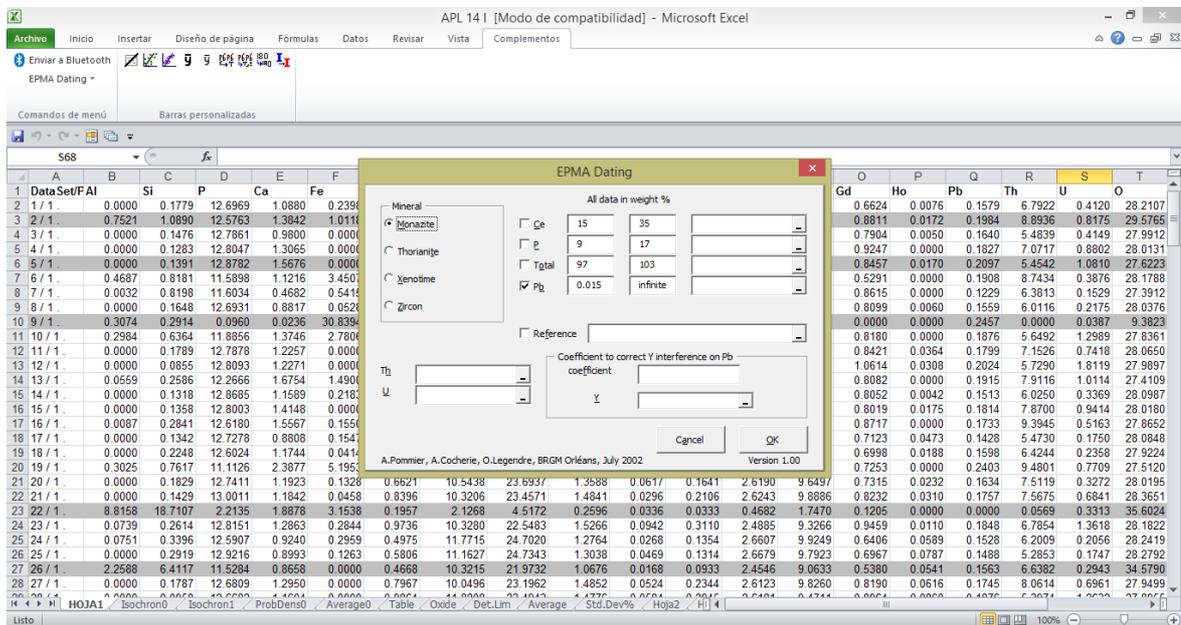
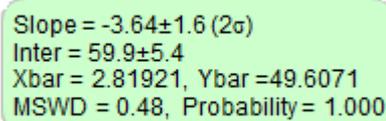


Figura 3.25.- Cuadro de dialogo de EMPA Dating.

Procesados los datos, EMPA Dating reporta una tabla (anexo II) con los porcentajes atómicos y ppm con el error de U, Th y Pb en un formato que ISOPLOT reconoce y puede trabajar.

Con estos datos ISOPLOT genera las gráficas Th/Pb VS U/Pb que aportan información acerca de la pendiente de la línea de regresión con su error, interceptación de U/Pb con el eje Y, y coordenadas del centroide, MSWD (grado de ajuste de los puntos a la recta) (fig. 3.26).

Además es necesario tomar las coordenadas de interceptación de línea de regresión con el eje X y las de las asíntotas con el eje X.



```
Slope = -3.64±1.6 (2σ)
Inter = 59.9±5.4
Xbar = 2.81921, Ybar = 49.6071
MSWD = 0.48, Probability = 1.000
```

Figura 3.26.- Información de línea de regresión reportada por ISOPLOT.

Para obtener las edades (y su error), es necesario trabajar de nuevo con el EMPA Dating utilizando los datos anteriores, (fig. 3.27).

Los resultados finales se muestran en el apartado 4.

### 3.7.1.1 ISOPLOT

El programa ISOPLOT / Excel (versión 4.15) es un software flexible para el análisis e interpretación de datos radiogénicos.

Fue desarrollado por el Dr. Ken Ludwig (1999) del Centro de Geocronología de Berkeley.

Este programa es muy utilizado en geocronología. Su uso sistemático nos permite calcular edades y los errores inferidos en una gran cantidad de métodos, aplicados a diversos laboratorios. Además hace que sea más fácil comparar los errores emitidos a partir de diferentes métodos, aunque esto último no es aplicable en nuestro caso puesto que solo usaremos el método Th-U-Pb.

El programa es utilizado sistemáticamente para el cálculo de la línea de regresión y cálculo de las edades medias ponderadas.

Con los datos del anexo II, ISOPLOT realiza las gráficas de la regresión lineal (Th/Pb vs U/Pb), histogramas de la probabilidad de densidad y la probabilidad lineal. En la figura 3.40 se puede ver el cuadro de dialogo para la construcción de la gráfica Th/Pb vs U/Pb.

Como se ha comentado anteriormente los resultados obtenidos se muestran en el apartado 4.

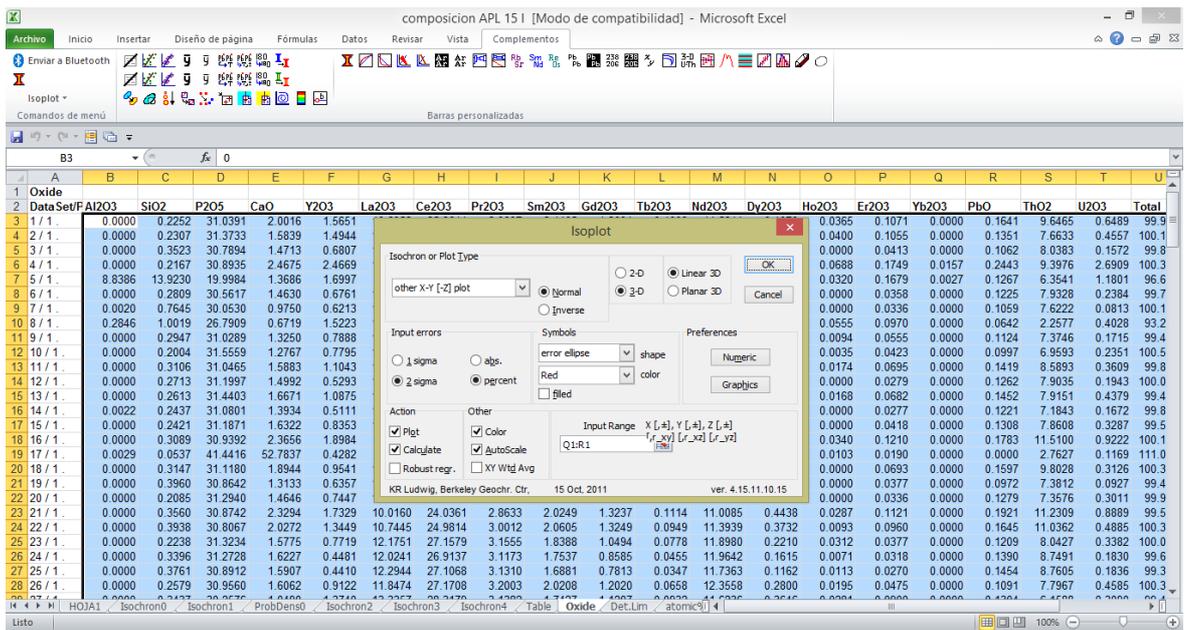


Figura 3.27.- Cuadro de dialogo para realizar grafica Th/Pb vs U/Pb.

3.7.1.2 Trabajo realizado

Puesto que es evidente, este método es más eficaz a mayor número de puntos como se puede ver en el apartado de 5 en las conclusiones de APL 14, Se procede a realizar un mayor número de análisis en APL 15.

En primer lugar se realizan las graficas Th/Pb vs U/Pb para un total de 40 análisis teniendo como resultado un aglomeramiento de puntos cerca del eje Th/Pb y baja distribución a lo largo de la línea de regresión (fig. 3.28), debido a esto se procede a preparar dos laminas delgadas más hasta alcanzar un total de 130 análisis efectivos, cuyo resultado se muestra en el apartado 4 y discute en al apartado 5.

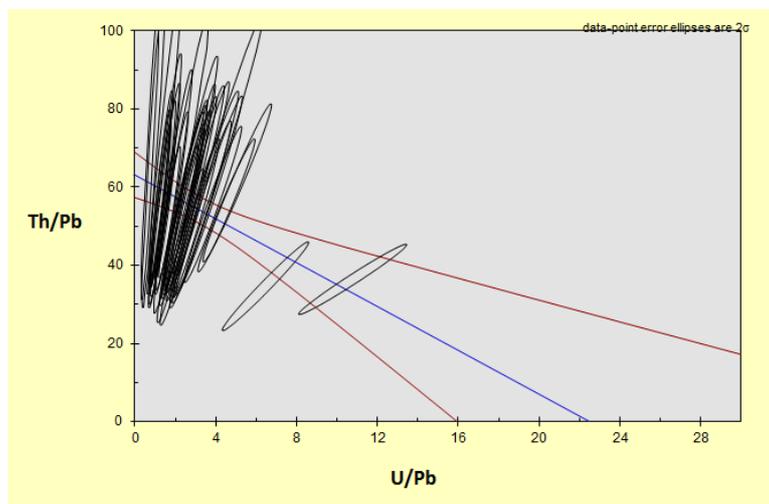


Figura 3.28.- Grafica Th/Pb vs U/Pb APL 15 para 40 puntos (ISOPLLOT).

## 4 Resultados y discusión

### 4.1 Resultados del estudio petrográfico

La textura es equigranular, tanto e en el caso de APL-15 como en el caso de APL-14.

El estudio mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) pone en evidencia que los minerales presentes en ambas muestras son:

- Minerales esenciales: feldespatos potásicos, plagioclasas, cuarzo, biotita y moscovita.
- Minerales accesorios: apatito, monacita, zircón, ilmenita, pirita, calcopirita y esfalerita; cobaltina ocasional.

A continuación se muestran una serie de figuras desde 4.1 hasta 4.5 con los minerales encontrados en las muestras.

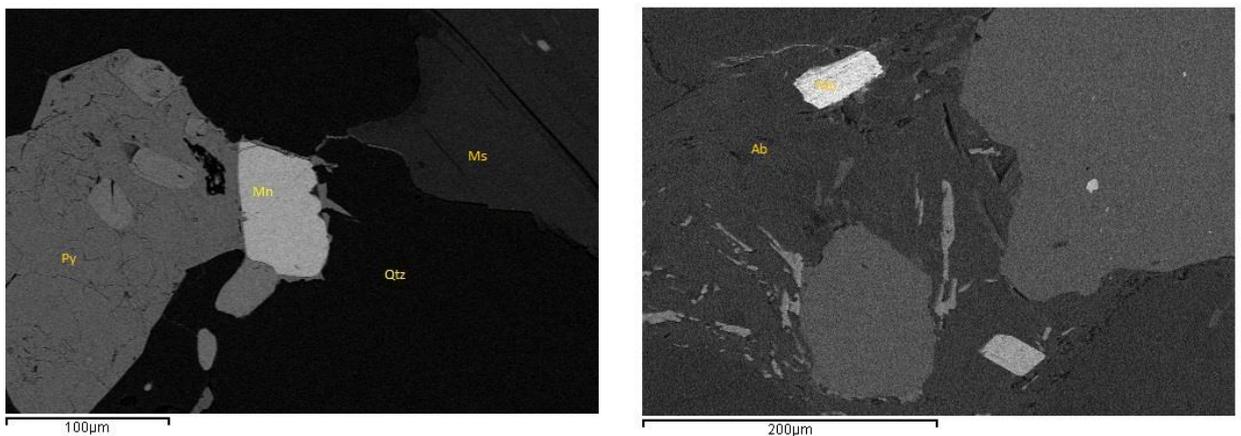


Figura 4.1.- Micrografía izquierda cuarzo (Qtz); a la derecha moscovita (Ms), monacita (Mz) y pitita (Py).

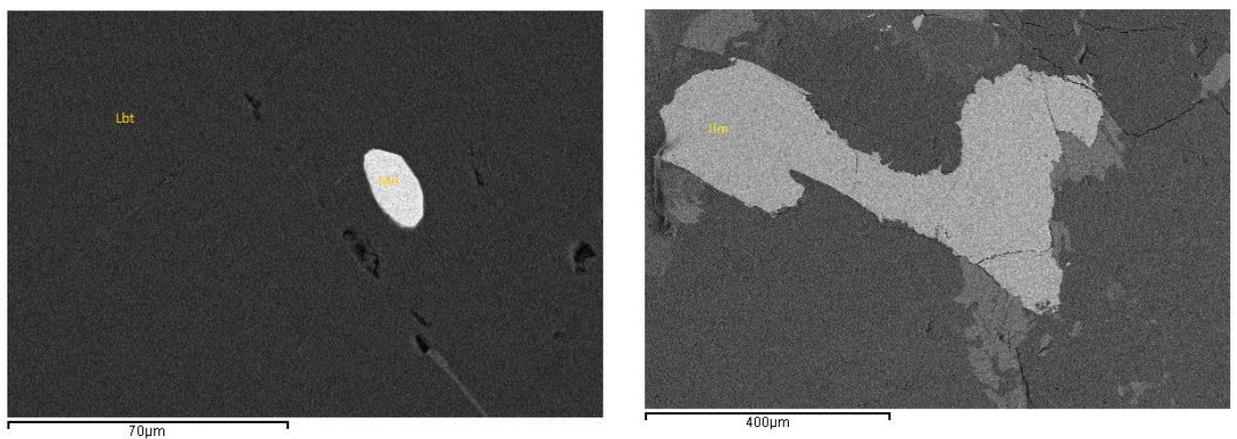


Figura 4.2.- Micrografía izquierda ilmenita (Ilm); derecha Labradorita (Lbt) y Monacita (Mn).

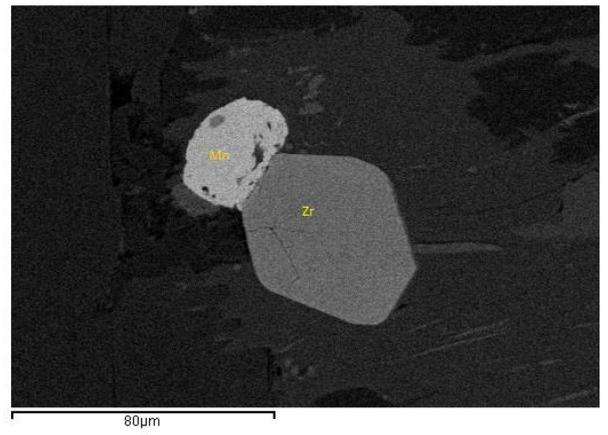
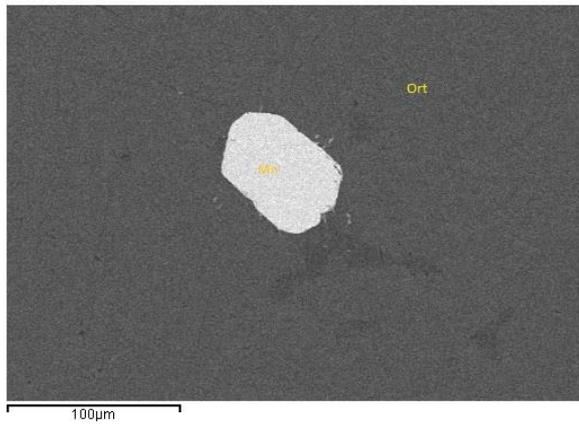


Figura 4.3.- Micrografía izquierda feldespato Potásico (Ort) y monacita (Mn); derecha zircón (Zr) y Monacita (Mn).

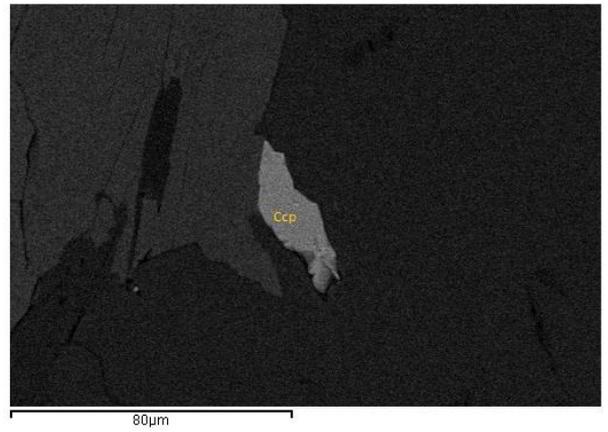
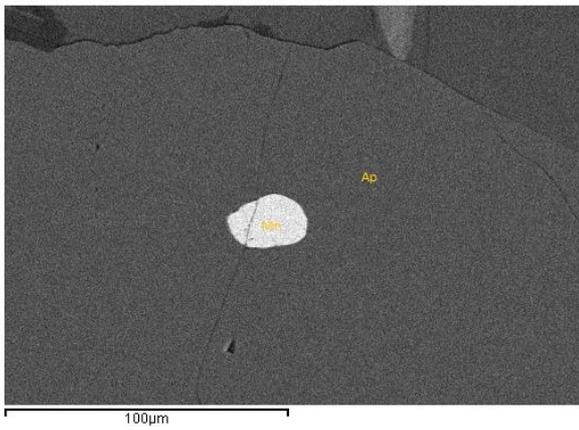


Figura 4.4.- Micrografía izquierda monacita (Mn) en matriz de apatito (Ap); derecha Calcopirita (Ccp).

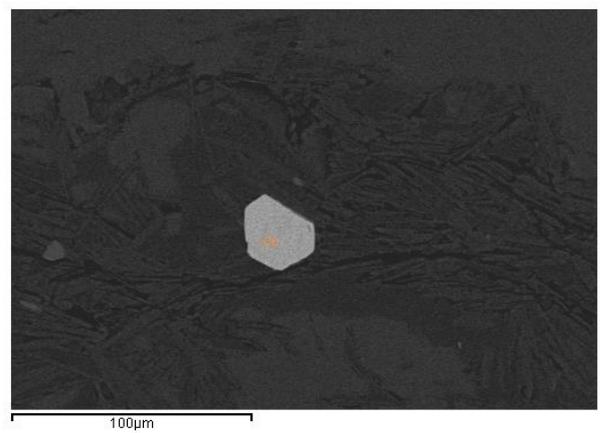
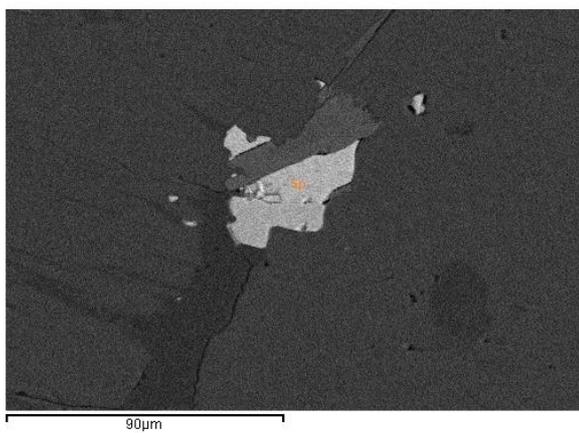


Figura 4.5.- Micrografía izquierda Esfalerita (Sp); derecha Cobaltina (Co).

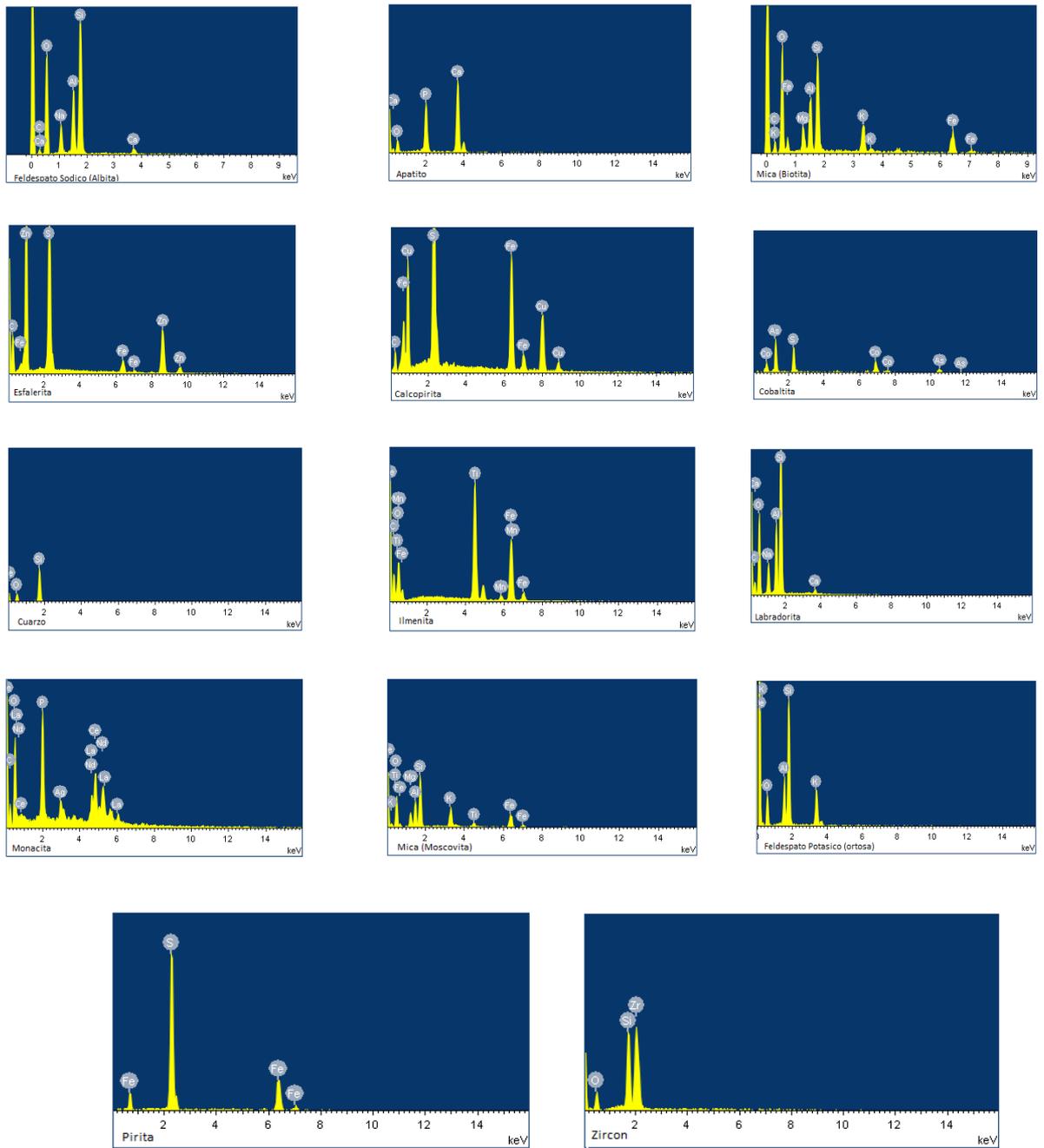


Figura 4.6.- Espectros de Rayos X capturados por detector EDS, como respuesta al ataque puntual con chorro de electrones a diferentes minerales, durante las sesiones de microscopía electrónica.

La figura 4.6 muestra los espectros de rayos X obtenidos al analizar los diferentes minerales encontrados en las dos muestras.

La monacita es un mineral perteneciente a la familia de los fosfatos, su fórmula básica es  $CePO_4$ , con frecuente sustitución del cerio por una mezcla variable de cerio, lantano, neodimio y torio. Puede ser de color incoloro, anaranjado, pardo, transparente, de pardo a pardo oscuro y opaco. Con brillo de vítreo a graso y raya blanca, su densidad varía entre 4,9-5,5  $gr/cm^3$ , y su dureza oscila entre 5-5½, según la escala de Mohs. Es frágil, de exfoliación algunas veces visible y fractura concoide.

Cristaliza en el sistema monoclinico, con cristales tabulares gruesos a prismáticos, algunas veces masas compactas, cristales implantados y semiimplantados.

La monacita se origina en la cristalización de las rocas magmáticas y es de tipo hidrotermal por lavado de la roca encajante, apareciendo en la distribución microscópica en magmatitas, en pegmatitas, en placeres etc.

La monacitas analizadas tiene un tamaño entre 20 y 110  $\mu m$  tanto en APL 15 como en APL 14, con formas redondeadas incluso amorfas en algunos casos, cabe destacar que dentro de las monacitas de APL 14, la mayoría presentaban ligeras alteraciones como se puede ver en la figura 4.7.

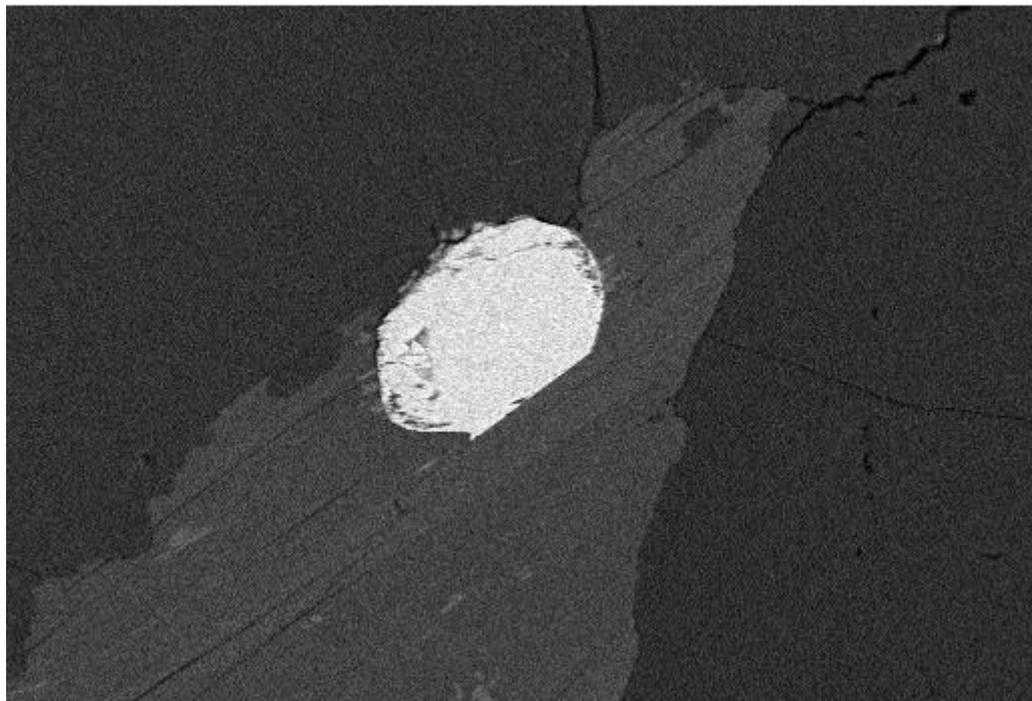


Figura 4.7.- Micrografía de una monacita visiblemente alterada.

## 4.2 Resultados del estudio geocronológico

Pese a que no se aprecian diferencias entre APL 15 y APL 14 en el análisis petrográfico si se han detectado diferencias en cuanto a la edad de las monacitas en los cálculos realizados.

Destacar que a la hora de calcular la edad no se han discriminado las monacitas en función de la fase o fases minerales en las que se encuentran enclavadas, reservándose para trabajos posteriores la información recopilada a este efecto. Los minerales colindantes más comunes en contacto con las monacitas son: biotita, moscovita, labradorita y apatito y menor medida zircón, cuarzo y sulfuros.

### 4.2.1 Resultados de APL 14

Con un total de 54 puntos se han obtenido las gráficas Th/Pb vs U/Pb y los histogramas de probabilidad de densidad, y lineales. En la figura 4.7 se ve la grafica correspondiente a la línea de regresión y en la figura 4.8 observamos el cuadro recogido del EMPA Dating con los puntos de corte de la línea de regresión (línea punteada en color azul) y las los errores que se corresponden con la intersección de la asíntotas con los ejes.

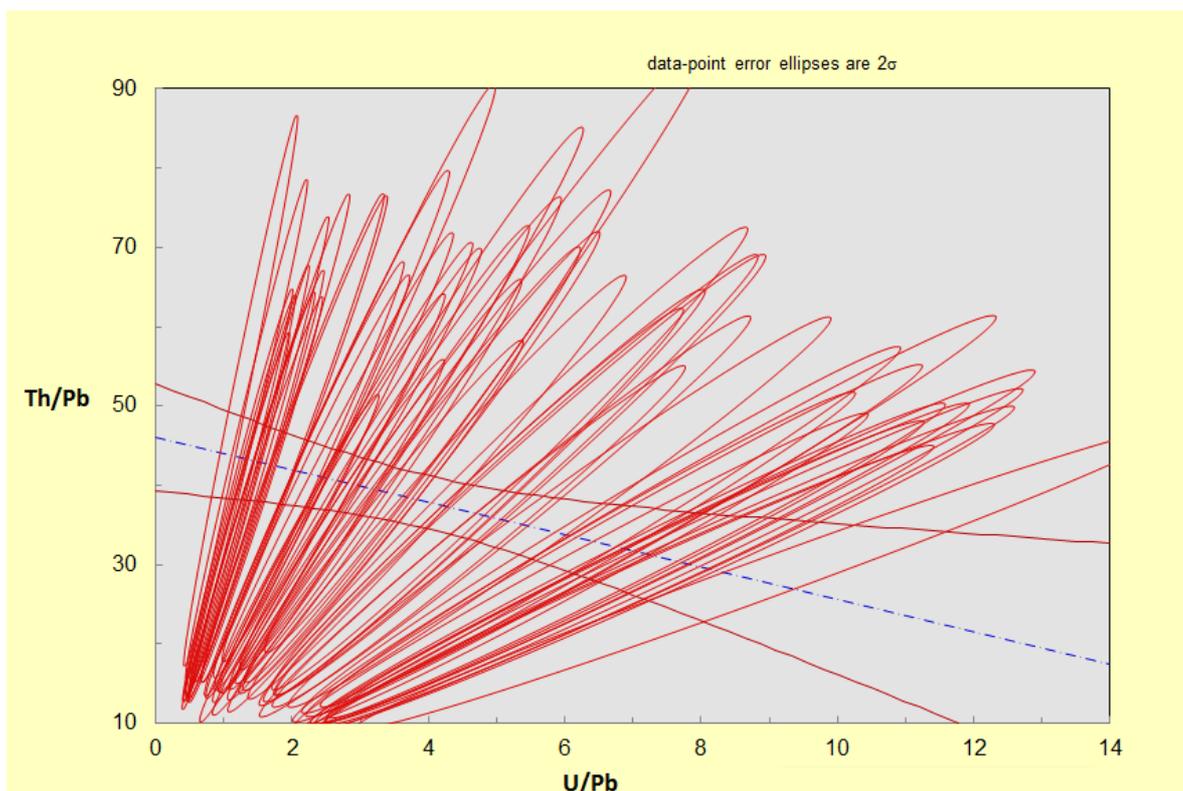


Figura 4.8.- Línea de regresión APL 14.

Intercept ages from U/Pb=f(Th/Pb) diagram							
Th-Pb age, intercept with Th/Pb-axis							
U/Pb	Th/Pb	$\Delta i+$	Age	$\Delta \text{Age} +$	$\Delta \text{Age} -$		
0	45.9981779	6	484.4	71.7	-55.3		
U-Pb age, intercept with U/Pb-axis							
U/Pb	Th/Pb	$\Delta +$	$\Delta -$	Age	$\Delta \text{Age} +$	$\Delta \text{Age} -$	
17.47382	0	5	7	394.5	247.0	-85.1	
U-Th-Pb age at weighted average point from U/Pb=f(Th/Pb) diagram							
Pente	$\Delta \text{pente}$	Xbar	Ybar	Age	$\Delta \text{Age} +$	$\Delta \text{Age} -$	MSWD
-2.04	1.5	3.98026	37.8953	438.8	7.4	-6.7	0.18

Figura 4.9.- Cuadro de edades obtenidas en EMPA Dating de APL 14.

Se muestra en la figura 4.9 el histograma de probabilidad de densidades, y en la 4.10 la probabilidad lineal, las edades aquí reflejadas son las calculadas por ISOPLOT nos dan una aproximación con un error, pero no son tan precisas como las obtenidos por EMPA Dating reflejadas en el cuadro 4.8 obtenidas de la gráfica de la figura 4.7.

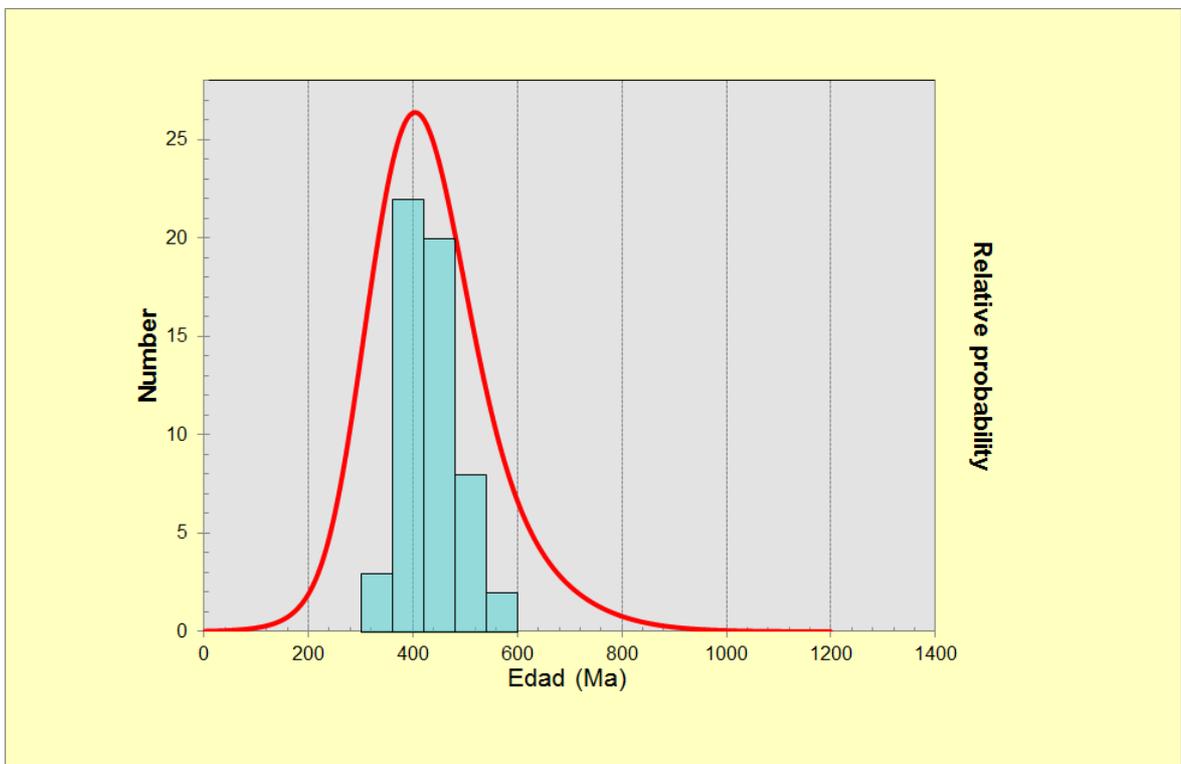


Figura 4.10.- Histograma de probabilidad de edades por densidad APL 14.

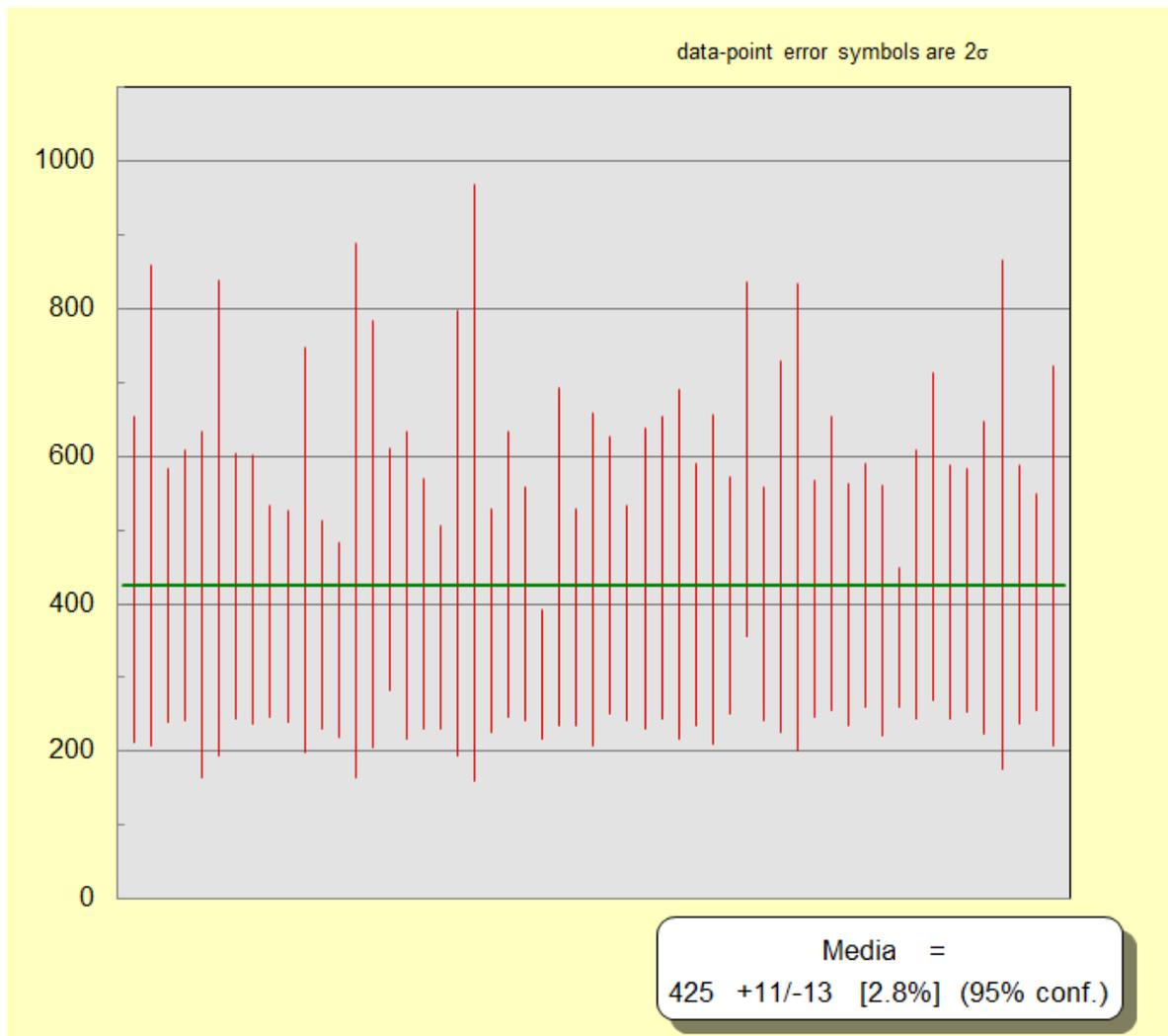


Figura 4.11.- Histograma de probabilidad lineal APL 14 (ISOPLOT).

#### 4.2.2 Resultados de APL 15

Se procede de igual modo que para APL 14, de los 131 análisis finales se realiza la gráfica de Th/Pb vs U/Pb, histograma de densidades y el lineal.

Para la gráfica Th/Pb vs U/Pb se representa en línea punteada azul la línea de regresión referente a la edad y en rojos las asíntotas de que envuelven el error, las elipses rojas representan los análisis con su error, figura 4.11.

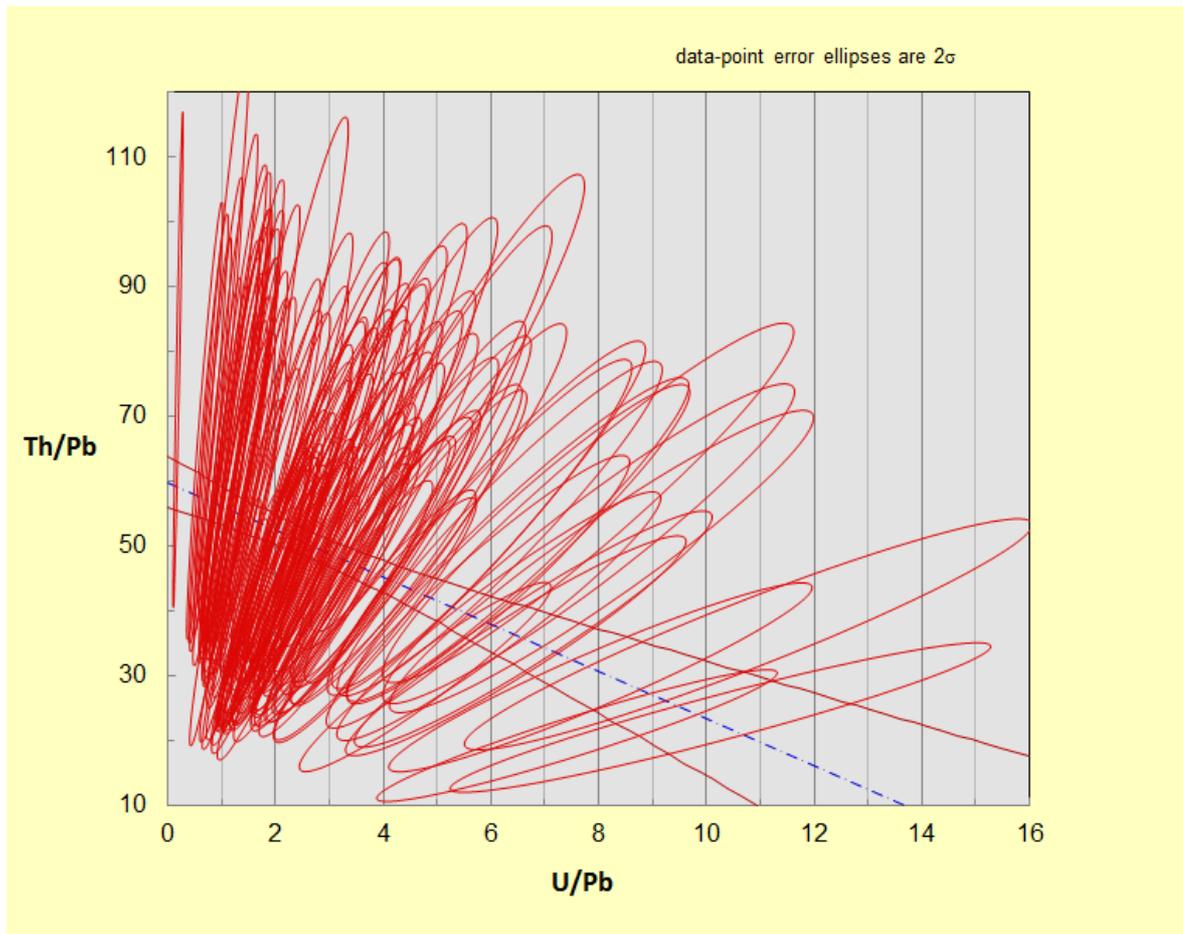


Figura 4.12.- Grafica Th/Pb vs U/Pb APL 15 (ISOPLOT).

El cuadro de resultados finales (fig. 3.12) nos muestra los resultados finales del EMPA Dating a partir de la gráfica Th/Pb vs U/Pb, figura 4.11.

Intercept ages from U/Pb=f(Th/Pb) diagram							
Th-Pb age, intercept with Th/Pb-axis							
U/Pb	Th/Pb	$\Delta i+$	Age	$\Delta \text{Age} +$	$\Delta \text{Age} -$		
0	59.5	4	375.5	26.8	-23.4		
U-Pb age, intercept with U/Pb-axis							
U/Pb	Th/Pb	$\Delta +$	$\Delta -$	Age	$\Delta \text{Age} +$	$\Delta \text{Age} -$	
14.69	0	3.5	2	465.9	69.6	-86.3	
U-Th-Pb age at weighted average point from U/Pb=f(Th/Pb) diagram							
Pente	$\Delta \text{pente}$	Xbar	Ybar	Age	$\Delta \text{Age} +$	$\Delta \text{Age} -$	MSWD
-3.64	1.2	2.81921	49.6071	380.4	16.0	-10.5	0.9

Figura 4.13.- Cuadro de resultados finales APL 15 (EMPA Dating).

Las figuras 4.13 y 4.14 muestran respectivamente el histograma de probabilidad de densidad y el de probabilidad lineal.

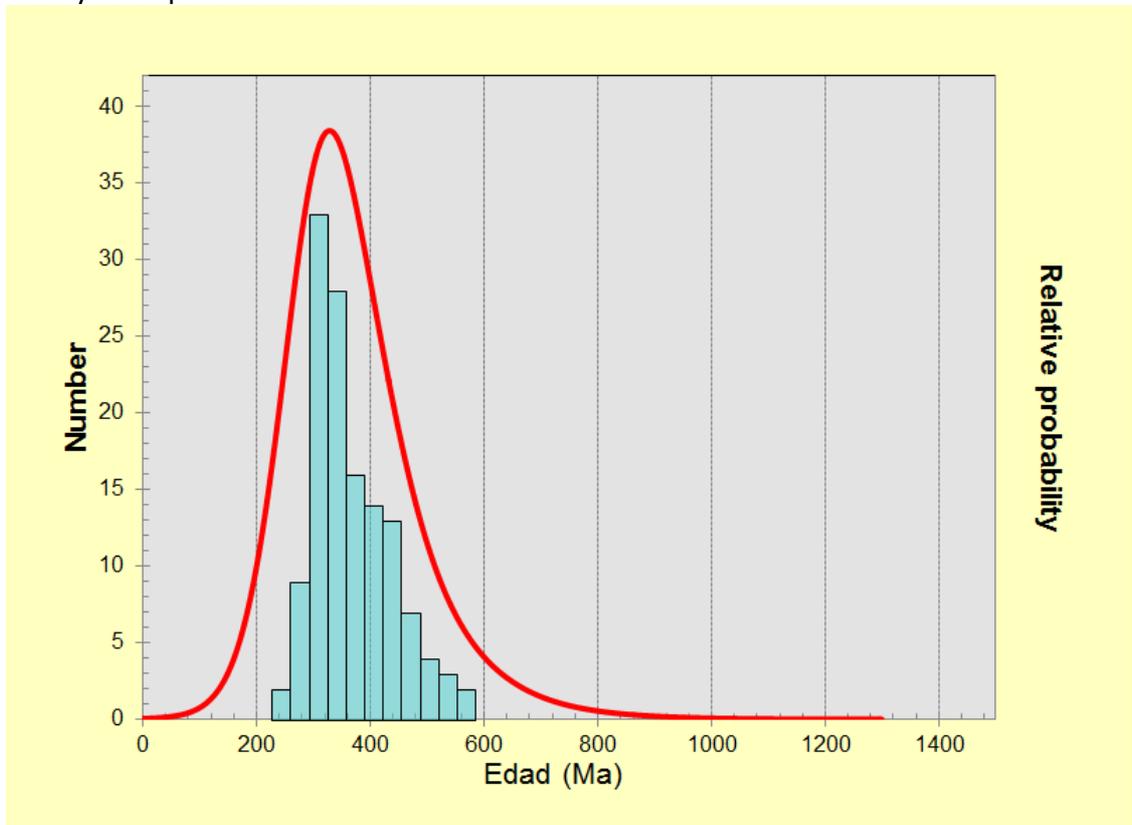


Figura 4.14.- Histograma de probabilidad de edades por densidad APL 15 (ISOPLOT).

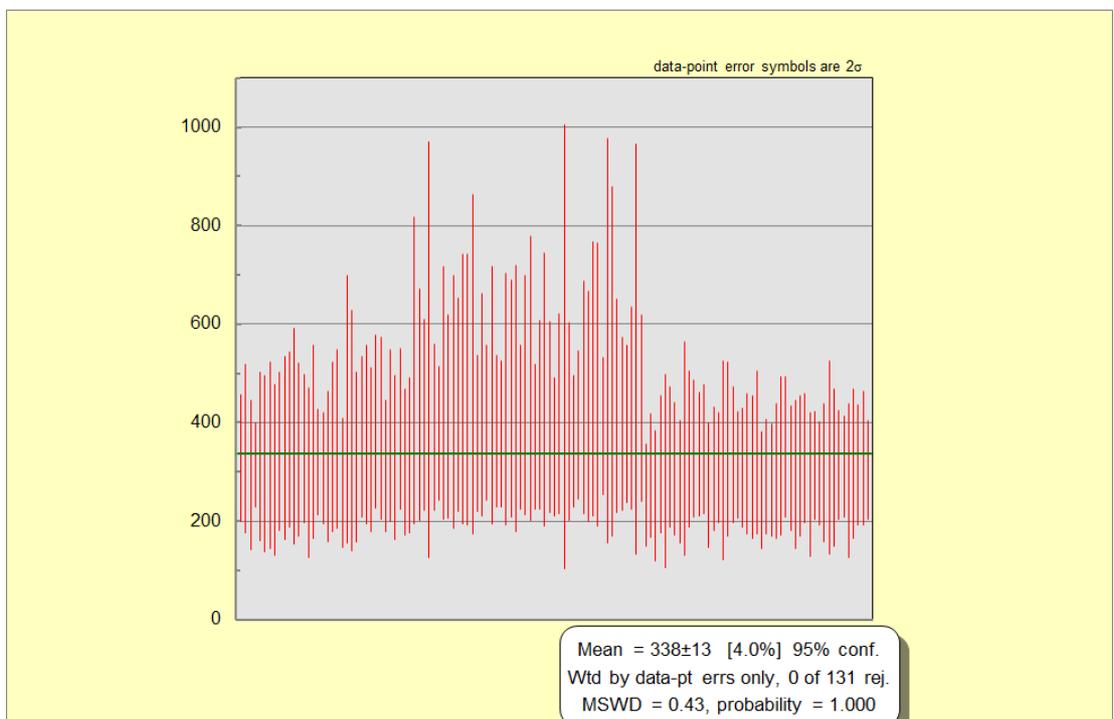


Figura 4.15.- Histograma de probabilidad lineal (ISOPLOT).

## 5 Conclusiones

En primer lugar se comentan los resultados obtenidos para la muestra APL 14, en los histogramas de frecuencia obtenidos, realizados a 40 análisis, se revela una edad de 425 Ma con un error de  $\pm 12$  Ma, esta se aproxima bastante a la obtenida por el gráfico Th/Pb vs U/Pb que es de  $438.8 \pm 7$  Ma. El gráfico Th/Pb vs U/Pb tiene grado de ajuste de los puntos a la recta (MSWD) de 0.19 que es muy bueno, pero se ha de apreciar la mala distribución de los puntos, que se condensa en un área pequeña del gráfico visible en la figura 5.2, en donde se aprecia que la nube de puntos (rodeada en verde) esta aglutinada y cercana al eje de Th/Pb, lo que nos limita sustancialmente los datos de la edad obtenidos.

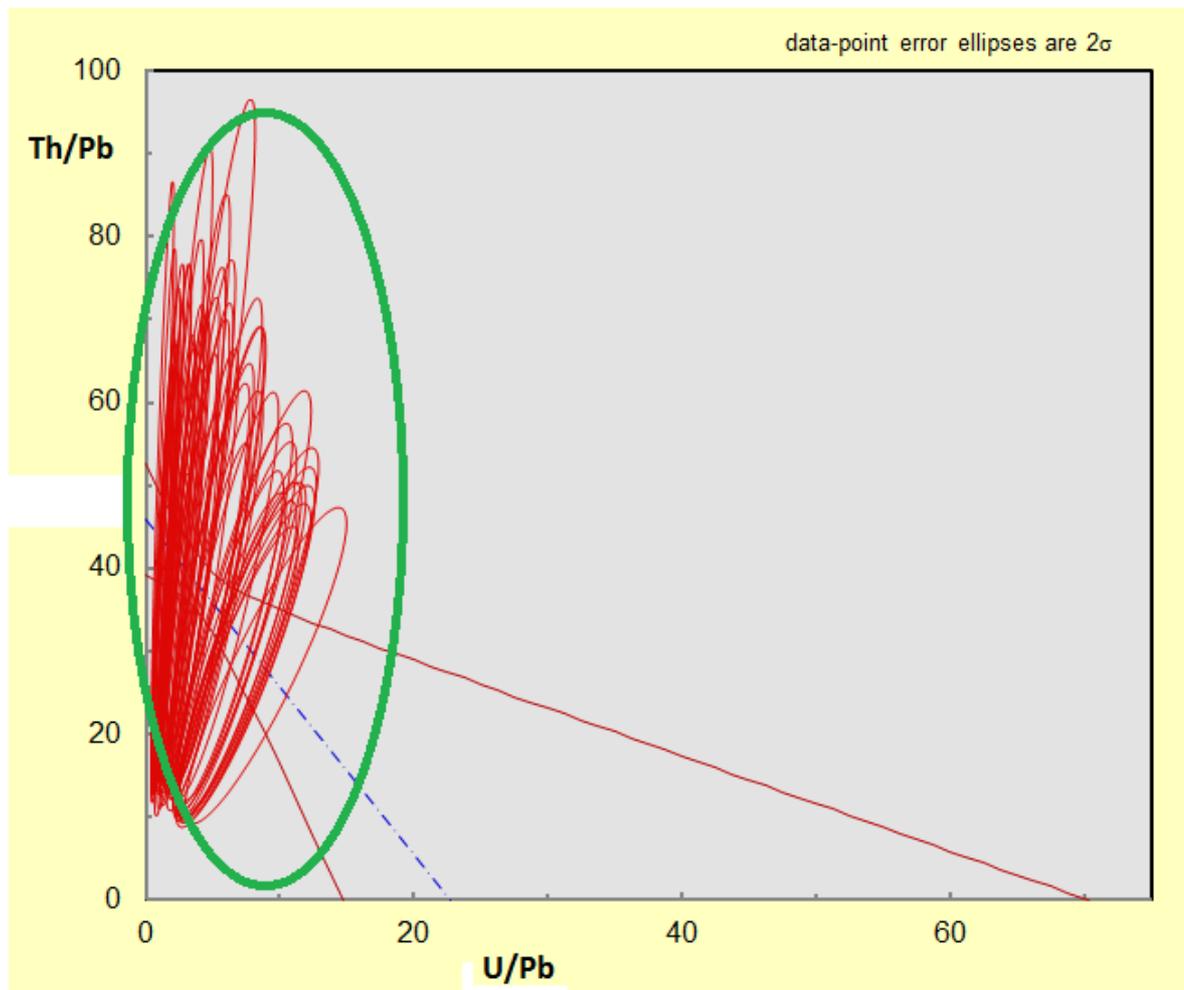


Figura 5.1.- Grafica Th/Pb vs U/Pb APL 14 (ISOPLOT).

Para mejorar la fiabilidad de los resultados sería conveniente realizar más análisis de la muestra APL 14, en nuevas secciones delgadas, si los nuevos análisis nos desplazan la nube de puntos hacia la derecha de la gráfica ocupando una mayor área a lo largo de la línea de regresión, los resultados nos darían mayor grado de fiabilidad con la nueva edad obtenida.

En la muestra APL 15 se procede al análisis de un total de 130 puntos que nos muestra el gráfico de la figura 4.11.

Las edades obtenidas por los histogramas de frecuencia en APL 15 nos revelan una edad de  $338 \pm 13$  Ma frente a el gráfico Th/Pb vs U/Pb que nos da  $380 \pm 13$  Ma, la causa de este desfase puede ser debida a la falta de precisión que presenta en método de cálculo usado por al realizar el histograma. El gráfico Th/Pb vs U/Pb es más fiable puesto que no solo usa las proporciones de Th, U y Pb sino además de estas también tiene en cuenta el centroide de la línea de regresión, el cual se acerca más a distribución real de los puntos en la gráfica.

El gráfico Th/Pb vs U/Pb no solo nos aporta la edad del conjunto de puntos, si no, que aporta también el cálculo de la edad Th/Pb y U/Pb por separado que son  $375.5 \pm 24$  y  $465.9 \pm 72$  respectivamente. El grado de ajuste de los puntos a la recta (MSWD) es de 0.9 y está de dentro de unos márgenes tolerables.

El histograma en este caso no es inútil porque de él se extrae una información importante y es que no existen varios grupos con edades diferentes, existe un solo grupo de edades en torno a 338 Ma, se podría dar el caso en el que aparecieran varios repuntes diferenciados en las barras, lo cual querría decir que las monacitas después de creadas, podrían haber sufrido algún proceso metamórfico, (de ello se ha hablado en el punto 1.2).

Entonces se puede saber con certeza que no se ha producido ningún episodio metamórfico posterior a la formación de las monacitas.

Como conclusión se tiene que la edad de formación de las monacitas pertenecientes Granitos de dos Micas de grano fino en el entorno de Plasencia, tiene una edad de emplazamiento del magma de  $380 \pm 13$  Ma, es posible que las monacitas analizadas hayan sufrido ligeras pérdidas de plomo posteriores a su cristalización, lo que nos da un pequeño grado de incertidumbre a tener en cuenta. Para solventar esto sería aconsejable proceder a datar los granitos por métodos u otros minerales.

Las edades obtenidas concuerdan con la orogenia Varisca (comprendida entre el periodo Devónico medio y carbonífero, hace  $\pm 450$  Ma hasta hace  $\pm 300$  Ma), este orogeno fue producido por la colisión de Gondwana y Laurussia, lo cual provoco en la península ibérica deformaciones, metamorfismos y formación de grandes volúmenes de masas graníticas por fusión de rocas preexistentes e intrusión de plutones, entre los que se encuentra el del objeto de este estudio.

## 6 Bibliografía

- Alosó Olazábal, A., Carracedo, M y Aranguren, A. (1990): Petrology, magnetic fabric and emplacement in a strike-slip regime of a zoned peraluminous granite: the Campanario- La Haba pluton, Spain. En: *Understanding Granites. Integrating New and Classical Techniques* (A. Castro, C. Fernández y J.I. Vigneresse, Eds.). Geological Society, London, 177-191.
- Alosó Olazábal, A., Ortega, L.A., Menéndez, M., Carracedo, M. y Aranguren, A., 2003: Nuevo datos geocronológicos Rb- Sr del Plutón de Campanario- La Haba (batolito de Los Pedroche, Extremadura). *Geogaceta*, 34: 167-170.
- Alosó Olazábal, A., 2001: El Plutón de Campanario- La Haba: caracterización petrológica y fábrica magnética. Tesis doctoral, Univ. Del país Vasco, 323p.
- Barbarín, B., 1990. Granitoids: main petrogenic classifications in relation to origin and tectonic setting. *Geological Journal*, 25: 227-238.
- Bea, F., Montero, P. y Zinger, T., 2003: The nature, origin, and thermal influence of the Granite Source Layer of Central Iberia. *The Journal of Geology*, 111: 579-595.
- Cameron- Shiman, M., 1978. Electron microprobe study of uranium minerals and its application to some Canadian deposits. Unpublished Ph.D. Thesis, Edmonton University, Edmonton, Ont., 343pp.
- Carracedo, M., Gil Ibarguchi, J.I., Garcia de Madinabeitia, S. y Berrocal, T., 2005: Geocronología de los granitoides hercínicos de la serie mixta: edad U-Th-Pb total de monacitas del Plutón de Cabeza de Araya (Zona Centro Ibérica) y de las manifestaciones filonianas asociadas. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 18(1-2): 75-86.
- Cocherie, A., Albarède, F., 2001. An improved U-Th-Pb age calculation for electron microprobe dating of monazite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65, 4509-4522.
- Cocherie, A., Legendre, o., Peucat, J.J., Kouamelan, A.N., 1988. Geochronology of polygenetic monazites constrained by in situ electron microprobe Th- U- total Pb determination: implications for lead behavior in monazite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 62, 2475- 2497.
- Cuney, M., Le Fort, P., and Wang, Z.X., 1982. Uranium and thorium geochemistry and mineralogy in the Manaslu leucogranite (Nepal, Himalaya). In: K. Xu and G. Tu (Editors) *Proceedings of the Symposium on Geology of Granites and their Metallogenic relations*. Science Press, Beijing, pp. 853-873.
- Foret, S., Montel, J.M., Veschambre, M., and Nicollet, C., 1994. Une method de datation ponctuelle: datation de la monazite à la microsonde électronique. 15ème RST. Nancy. 26-28 April. P.81.
- Foude, D.O., Ireland, T.R.; Kenny, P.D., Williams, I.S., Compston, W., Williams, I.R., and Myers, J.S., 1983. Ion microprobe identification of 4.100-4.200 Myr-old terrestrial zircons. *Nature (London)*.304:616-618
- INTECSA (Internacional de Ingeniería y Estudios Técnicos, S. A.) en el año 1983, con normas dirección y supervisión del IGME.

- Ludwig, K.R., 1999. Users manual for ISOPLOT/EX, VERSION 2. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley géochronologique et structural .Ph. D. thesis, University of Clermond- ferrand.
- Montel, J.M., Foret, S., Veschambre, M., Nicollet, C., Provost, A., 1996. Electron microprobe dating of monazite. *Chemical Geology* 131, 37-53.
- Montel, J.M., Veschambre, M., Nicollet, C., 1994. Datation de la monozite à la microsonde électronique. *Comptes Rendus de l'Academie de Sciences, Paris* 318, 1489-1495.
- Montel, J.M., Kornprobst, J., Vielzeuf, D., 2000. Preservation of old U- Th- Pb ages in shielded monazite: example from Beni Bousera Hercynian Kinzigites (Morocco). *Journal of Metamorphic Geology* 18, 335-342.
- Parrish, R.R., 1990: U-Pb dating of monazite and its application to geological problems. *Canadian Journal of Earth Science*, 27: 1431-1450.
- Stern, C.R., Hwang, W y Wyllie, P.J., 1975: basalt- andesite- rhyolite- H<sub>2</sub>O: crystallization intervals with excess H<sub>2</sub>O undersaturated liquidus surfaces to 35 kilobars, with implication for magma genesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 28: 189-196.
- Suzuki, K. and Adachi, M., 1994. Middle Precambrian detrital monazite and zircon from the Hida gneiss on Oki- Dogo Island, Japan: their origin and implications for correlation of basement gneiss of southwest Japan and Korea. *Tectonophysics*, 235:277-292
- Suzuki, K., Adachi, M., 1991. Precambrian provenance and Silurian metamorphism of the Tsubonosawa paragneiss in the South Kitakami terrane, Northeast Japan, revealed by the chemical Th-U- total Pb isochron ages of monazite, zircon and xenotime. *Geochemical Journal* 25, 357-376.
- Suzuki, K., Adachi, M., and Kazizuka, I., 1994. Electron microprobe observations of Pb diffusion in metamorphosed detrital monazites. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 128:391-405.
- Úgidos Meana, J.M. et al. Significado petrológico de cordierita, sillimanita y andalucita en migmatitas y granitos de Plasencia-Béjar y áreas adyacentes (Salamanca-Cáceres)
- Williams, I.S., 1992. Some observations on the use of zircon U-Pb geochronology in the study of granitic rocks. *Trans. R. Soc. Edinburgh*, 83: 447-458.

#### REFERENCIAS web:

- <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/rocas/datacion-rocas>
- <http://ruc.udc.es>
- [http://www.guijodegranadilla.com/estudio\\_geologico.htm](http://www.guijodegranadilla.com/estudio_geologico.htm)
- <http://www.mty.itesm.mx>
- <http://www.uned.es>

## 7 Anexo I

### 7.1 Pesos atómicos de los elementos presentes en las monacitas

#### 7.1.1 APL 14

Point	Al	Si	P	Ca	Fe	Y	La	Ce	Sm	Tb	Dy	Pr	Nd	Gd	Ho	Pb	Th	U	O	Total	Age	Age err	Comment
1/1.	0,00	0,18	12,70	1,09	0,24	0,62	11,35	24,79	1,26	0,04	0,18	2,67	9,59	0,66	0,01	0,16	6,79	0,41	28,21	100,96	433		51 APL-14
2/1.	0,75	1,09	12,58	1,38	1,01	0,82	9,29	22,01	1,53	0,08	0,28	2,56	9,53	0,88	0,02	0,20	8,89	0,82	29,58	103,31	384		38 APL-14
3/1.	0,00	0,15	12,79	0,98	0,00	0,75	10,91	24,54	1,44	0,02	0,22	2,73	9,99	0,79	0,01	0,16	5,48	0,41	27,99	99,36	533		61 APL-14
4/1.	0,00	0,13	12,80	1,31	0,00	0,87	10,02	23,02	1,65	0,06	0,26	2,65	10,15	0,92	0,00	0,18	7,07	0,88	28,01	100,00	411		43 APL-14
5/1.	0,00	0,14	12,88	1,57	0,00	0,79	9,63	22,46	1,48	0,05	0,24	2,55	9,30	0,85	0,02	0,21	5,45	1,08	27,62	96,32	519		50 APL-14
6/1.	0,47	0,82	11,59	1,12	3,45	0,44	10,30	22,65	1,06	0,05	0,09	2,45	8,76	0,53	0,00	0,19	8,74	0,39	28,18	101,27	426		44 APL-14
7/1.	0,00	0,82	11,60	0,47	0,54	0,38	11,04	24,81	1,59	0,07	0,15	2,76	10,46	0,86	0,00	0,12	6,38	0,15	27,39	99,61	399		58 APL-14
8/1.	0,00	0,16	12,69	0,88	0,05	0,58	11,49	24,85	1,41	0,04	0,23	2,66	9,88	0,81	0,01	0,16	6,01	0,22	28,04	100,17	516		62 APL-14
9/1.	0,31	0,29	0,10	0,02	30,84	0,01	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,04	9,38	41,30	6788		316 APL-14
10/1.	0,30	0,64	11,89	1,37	2,78	0,80	10,17	21,92	1,37	0,09	0,22	2,38	8,92	0,82	0,00	0,19	5,65	1,30	27,84	98,65	424		43 APL-14
11/1.	0,00	0,18	12,79	1,23	0,00	0,83	10,22	23,51	1,44	0,05	0,27	2,63	9,80	0,84	0,04	0,18	7,15	0,74	28,07	99,96	420		45 APL-14
12/1.	0,00	0,09	12,81	1,23	0,00	1,14	9,67	22,87	1,75	0,11	0,32	2,72	10,56	1,06	0,03	0,20	5,73	1,81	27,99	100,08	390		38 APL-14
13/1.	0,06	0,26	12,27	1,68	1,49	0,73	9,20	21,38	1,41	0,06	0,25	2,37	9,02	0,81	0,00	0,19	7,91	1,01	27,41	97,49	382		39 APL-14
14/1.	0,00	0,13	12,87	1,16	0,22	0,62	11,29	23,58	1,54	0,05	0,21	2,66	9,85	0,81	0,00	0,15	6,03	0,34	28,10	99,61	473		58 APL-14
15/1.	0,00	0,14	12,80	1,41	0,00	0,73	10,31	23,20	1,38	0,06	0,19	2,58	9,31	0,80	0,02	0,18	7,87	0,94	28,02	99,94	371		40 APL-14
16/1.	0,01	0,28	12,62	1,56	0,16	0,69	9,45	22,24	1,53	0,07	0,22	2,54	9,17	0,87	0,00	0,17	9,39	0,52	27,87	99,36	350		38 APL-14
17/1.	0,00	0,13	12,73	0,88	0,15	0,55	11,78	25,06	1,25	0,06	0,14	2,70	10,04	0,71	0,05	0,14	5,47	0,18	28,08	100,11	525		68 APL-14
18/1.	0,00	0,22	12,60	1,17	0,04	0,62	11,05	24,38	1,26	0,04	0,17	2,60	9,78	0,70	0,02	0,16	6,42	0,24	27,92	99,40	495		58 APL-14
19/1.	0,30	0,76	11,11	2,39	5,20	0,74	8,43	19,46	1,22	0,12	0,17	2,20	8,43	0,73	0,00	0,24	9,48	0,77	27,51	99,25	447		38 APL-14
20/1.	0,00	0,18	12,74	1,19	0,13	0,66	10,54	23,69	1,36	0,06	0,16	2,62	9,65	0,73	0,02	0,16	7,51	0,33	28,02	99,78	425		49 APL-14
21/1.	0,00	0,14	13,00	1,18	0,05	0,84	10,32	23,46	1,48	0,03	0,21	2,62	9,89	0,82	0,03	0,18	7,57	0,68	28,37	100,88	401		44 APL-14
22/1.	8,82	18,71	2,21	1,89	3,15	0,20	2,13	4,52	0,26	0,03	0,03	0,47	1,75	0,12	0,00	0,00	0,06	0,33	35,60	80,27			173 APL-14
23/1.	0,07	0,26	12,82	1,29	0,28	0,97	10,33	22,55	1,53	0,09	0,31	2,49	9,33	0,95	0,01	0,18	6,79	1,36	28,18	99,79	369		39 APL-14
24/1.	0,08	0,34	12,59	0,92	0,30	0,50	11,77	24,70	1,28	0,03	0,14	2,66	9,92	0,64	0,06	0,15	6,20	0,21	28,24	100,72	495		61 APL-14
25/1.	0,00	0,29	12,92	0,90	0,13	0,58	11,16	24,73	1,30	0,05	0,13	2,67	9,79	0,70	0,08	0,15	5,29	0,17	28,28	99,32	565		70 APL-14
26/1.	2,26	6,41	11,53	0,87	0,00	0,47	10,32	21,97	1,07	0,02	0,09	2,45	9,06	0,54	0,05	0,16	6,64	0,29	34,58	108,78	459		56 APL-14
27/1.	0,00	0,18	12,68	1,30	0,00	0,80	10,05	23,20	1,49	0,05	0,23	2,61	9,83	0,82	0,06	0,17	8,06	0,70	27,95	100,17	378		41 APL-14
28/1.	0,00	0,10	12,67	1,16	0,00	0,99	11,88	23,49	1,48	0,06	0,29	2,62	9,47	0,90	0,09	0,19	5,40	1,26	27,90	99,93	440		45 APL-14
29/1.	3,26	7,37	10,96	1,17	0,01	0,71	9,34	20,68	1,20	0,02	0,19	2,32	8,60	0,72	0,08	0,16	6,22	0,55	35,50	109,04	442		52 APL-14
30/1.	0,08	0,31	14,59	6,07	0,02	0,85	9,48	21,57	1,31	0,05	0,26	2,43	9,01	0,79	0,02	0,16	6,66	0,49	31,71	105,84	427		50 APL-14
31/1.	0,00	0,12	12,96	1,19	0,23	1,02	10,84	23,53	1,46	0,09	0,28	2,58	9,49	0,94	0,02	0,19	5,90	1,44	28,33	100,61	400		41 APL-14
32/1.	0,00	0,12	12,33	1,82	0,09	0,70	8,86	21,27	1,74	0,07	0,21	2,58	9,51	0,92	0,00	0,20	11,71	0,99	27,54	100,66	305		30 APL-14
33/1.	0,00	0,12	12,60	1,00	0,20	0,78	11,12	24,61	1,50	0,06	0,24	2,69	9,71	0,84	0,02	0,17	5,72	0,81	27,93	100,14	464		51 APL-14
34/1.	0,00	0,16	12,78	1,43	0,15	0,79	10,18	23,09	1,47	0,07	0,25	2,61	9,30	0,82	0,00	0,18	7,62	0,99	28,06	99,94	381		40 APL-14
35/1.	0,00	0,26	12,53	0,92	0,19	0,61	11,50	24,56	1,30	0,04	0,19	2,70	9,81	0,68	0,01	0,16	7,12	0,26	28,05	100,89	433		52 APL-14
36/1.	0,00	0,20	12,63	0,92	0,00	0,46	11,69	24,52	1,23	0,05	0,13	2,70	10,27	0,58	0,00	0,19	5,98	1,18	28,04	100,76	438		44 APL-14
37/1.	0,11	0,44	12,65	1,28	0,24	0,94	10,49	22,94	1,41	0,07	0,25	2,51	9,22	0,84	0,01	0,19	6,32	1,49	28,19	99,59	388		39 APL-14
38/1.	0,00	0,22	12,61	0,99	0,45	0,65	11,28	24,19	1,24	0,05	0,14	2,67	9,53	0,73	0,02	0,17	7,39	0,49	28,13	100,97	435		48 APL-14
39/1.	0,22	0,70	12,42	1,15	0,16	0,95	11,03	23,69	1,43	0,08	0,27	2,58	9,47	0,89	0,01	0,18	5,37	1,14	28,37	100,12	449		47 APL-14
40/1.	0,10	0,41	12,58	0,99	0,45	0,85	11,21	23,69	1,37	0,05	0,27	2,56	9,23	0,79	0,00	0,16	7,26	0,25	28,23	100,44	453		52 APL-14
41/1.	1,51	2,52	11,48	1,24	2,03	0,65	9,35	21,04	1,26	0,03	0,19	2,43	8,86	0,72	0,00	0,18	7,52	0,67	30,01	101,70	413		44 APL-14
42/1.	0,00	0,21	12,68	1,28	0,31	0,56	9,23	23,18	1,55	0,03	0,18	2,83	10,68	0,74	0,00	0,16	7,48	0,21	27,88	99,19	434		52 APL-14
43/1.	9,55	17,66	0,01	0,00	15,52	0,01	0,01	0,01	0,03	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,52	33,40	78,86			27 APL-14
44/1.	4,09	5,82	11,26	1,18	0,21	0,89	9,42	20,20	1,22	0,07	0,24	2,24	8,16	0,74	0,00	0,17	4,76	1,23	34,67	106,56	436		46 APL-14
45/1.	0,00	0,08	12,81	1,25	0,32	1,03	10,80	23,40	1,48	0,05	0,32	2,52	9,53	0,87	0,06	0,20	6,00	1,51	28,12	100,34	411		41 APL-14
46/1.	0,00	0,18	12,81	1,90	0,00	0,76	8,91	21,20	1,50	0,05	0,23	2,44	8,92	0,80	0,00	0,32	9,83	0,62	27,74	98,20	596		42 APL-14
47/1.	1,93	4,48	10,43	1,25	3,07	0,34	8,83	20,24	1,24	0,09	0,13	2,35	8,52	0,68	0,00	0,19	8,12	0,82	31,24	103,95	399		41 APL-14
48/1.	1,00	2,13	12,33	1,47	0,18	0,86	9,30	21,51	1,46	0,09	0,26	2,50	9,53	0,87	0,02	0,19	7,01	1,13	30,12	101,98	400		41 APL-14
49/1.	0,04	0,37	12,25	1,39	1,83	0,80	9,71	22,13	1,41	0,07	0,23	2,48	9,39	0,79	0,00	0,17	6,52	0,43	27,56	97,59	477		53 APL-14
50/1.	0,00	0,24	12,57	0,76	0,00	0,51	12,33	25,70	1,15	0,04	0,12	2,64	9,43	0,60	0,00	0,16	6,12	0,23	28,06	100,67	518		61 APL-14
51/1.	0,00	0,11	12,84	1,25	0,18	0,88	10,11	23,17	1,56	0,06	0,29	2,63	9,96	0,92	0,03	0,20	6,46	1,31	28,08	100,03	407		41 APL-14
52/1.	0,00	0,09	13,01	1,12	0,00	1,09	9,84	23,28	1,69	0,09	0,32	2,72	10,48	1,00	0,00	0,20	5,26	1,33	28,16	99,69	454		45 APL-14
53/1.	0,17	0,47	12,67	1,32	0,83	0,89	9,87	22,73	1,43	0,09	0,27	2,51	9,38	0,82	0,02	0,18	8,76	0,47	28,56	101,44	398		42 APL-14
54/1.	0,06	0,16	12,80	1,28	0,11	1,10	10,58	23,27	1,50	0,08	0,3												

7.1.2 APL 15

Point	Al	Si	P	Ca	Y	La	Ce	Pr	Sm	Gd	Tb	Nd	Dy	Ho	Er	Yb	Pb	Th	U	O	Total	Age (Ma)	Age err	Comment
1 / 1 .	0,00	0,11	13,55	1,43	1,23	9,12	21,65	2,55	1,82	1,14	0,09	9,89	0,35	0,03	0,09	0,00	0,15	8,48	0,59	27,66	99,93	328	51	V
2 / 1 .	0,00	0,11	13,69	1,13	1,18	9,71	22,94	2,63	1,71	1,09	0,09	10,25	0,34	0,03	0,09	0,00	0,13	6,73	0,41	27,82	100,09	347	66	139-5
3 / 1 .	0,00	0,16	13,44	1,05	0,54	10,36	23,63	2,68	1,55	0,82	0,04	10,48	0,18	0,00	0,04	0,00	0,10	7,06	0,14	27,54	99,80	293	69	27
4 / 1 .	0,00	0,10	13,48	1,76	1,94	8,56	19,70	2,41	1,89	1,45	0,13	9,52	0,57	0,06	0,15	0,01	0,23	8,26	2,44	27,66	100,35	315	34	28-129
5 / 1 .	4,68	6,51	8,73	0,98	1,34	6,38	17,51	1,97	1,17	1,00	0,14	8,16	0,36	0,03	0,15	0,00	0,12	5,58	1,07	30,72	96,60	291	56	155
6 / 1 .	0,00	0,13	13,34	1,05	0,53	10,69	23,73	2,64	1,53	0,86	0,06	10,19	0,21	0,00	0,03	0,00	0,11	6,97	0,22	27,39	99,69	331	68	31
7 / 1 .	0,00	0,36	13,12	0,70	0,49	11,10	24,45	2,69	1,44	0,76	0,04	10,52	0,15	0,00	0,03	0,00	0,10	6,70	0,07	27,38	100,10	317	74	33
8 / 1 .	0,15	0,47	11,69	0,48	1,20	9,83	23,89	2,58	2,11	1,66	0,15	10,60	0,57	0,05	0,08	0,00	0,06	1,98	0,37	25,30	93,23	419	162	35
9 / 1 .	0,00	0,14	13,54	0,95	0,62	10,69	23,37	2,74	1,52	0,82	0,04	10,48	0,19	0,01	0,05	0,00	0,10	6,48	0,16	27,57	99,46	334	75	39
10 / 1 .	0,00	0,09	13,77	0,91	0,61	10,89	23,83	2,75	1,60	0,89	0,05	10,56	0,20	0,00	0,04	0,00	0,09	6,12	0,21	27,90	100,52	304	77	108
11 / 1 .	0,00	0,15	13,55	1,14	0,87	10,57	22,73	2,58	1,54	0,94	0,07	9,76	0,25	0,02	0,06	0,00	0,13	7,55	0,33	27,65	99,86	342	61	110
12 / 1 .	0,00	0,13	13,62	1,07	0,42	10,75	23,41	2,70	1,55	0,82	0,05	10,37	0,15	0,00	0,02	0,00	0,12	6,95	0,18	27,70	100,00	348	69	112
13 / 1 .	0,00	0,12	13,72	1,19	0,86	10,15	22,52	2,62	1,63	0,99	0,07	10,01	0,26	0,01	0,06	0,00	0,13	6,96	0,40	27,76	99,47	365	64	116
14 / 1 .	0,00	0,11	13,56	1,00	0,40	10,81	23,68	2,76	1,59	0,84	0,04	10,68	0,15	0,00	0,02	0,00	0,11	6,31	0,15	27,62	99,85	372	77	199
15 / 1 .	0,00	0,11	13,61	1,17	0,66	10,58	23,03	2,64	1,55	0,92	0,05	9,99	0,22	0,00	0,04	0,00	0,12	6,91	0,30	27,65	99,55	345	67	101
16 / 1 .	0,00	0,14	13,50	1,69	1,49	8,40	20,37	2,47	1,85	1,23	0,08	9,55	0,43	0,03	0,11	0,00	0,17	10,12	0,84	27,69	100,16	289	42	79
17 / 1 .	0,00	0,03	18,09	37,72	0,34	1,26	6,60	0,61	0,21	0,30	0,05	2,42	0,05	0,01	0,02	0,00	0,00	2,43	0,11	40,83	111,07		120	126
18 / 1 .	0,00	0,15	13,58	1,35	0,75	9,73	22,36	2,63	1,60	0,90	0,07	10,10	0,24	0,00	0,06	0,00	0,15	8,61	0,28	27,76	100,33	348	55	77
19 / 1 .	0,00	0,19	13,47	0,94	0,50	11,39	23,85	2,67	1,32	0,69	0,04	10,00	0,14	0,00	0,03	0,00	0,09	6,49	0,08	27,53	99,41	299	76	12
20 / 1 .	0,00	0,10	13,66	1,05	0,59	10,73	23,42	2,68	1,58	0,87	0,06	10,42	0,19	0,00	0,03	0,00	0,12	6,47	0,27	27,72	99,95	361	72	14
21 / 1 .	0,00	0,17	13,47	1,66	1,36	8,54	20,52	2,45	1,75	1,15	0,10	9,44	0,39	0,03	0,10	0,00	0,18	9,87	0,81	27,59	99,57	320	43	15
22 / 1 .	0,00	0,18	13,44	1,45	1,06	9,16	21,33	2,56	1,78	1,15	0,08	9,77	0,33	0,01	0,08	0,00	0,15	9,70	0,44	27,66	100,34	307	48	18
23 / 1 .	0,00	0,10	13,67	1,13	0,61	10,38	23,19	2,70	1,59	0,91	0,07	10,20	0,19	0,03	0,03	0,00	0,11	7,07	0,31	27,75	100,03	312	65	19
24 / 1 .	0,00	0,16	13,65	1,16	0,35	10,25	22,98	2,66	1,51	0,74	0,04	10,26	0,14	0,01	0,03	0,00	0,13	7,69	0,17	27,69	99,62	351	64	83
25 / 1 .	0,00	0,18	13,48	1,14	0,35	10,48	23,14	2,68	1,46	0,68	0,03	10,06	0,10	0,01	0,02	0,00	0,14	7,70	0,17	27,50	99,31	366	64	133
26 / 1 .	0,00	0,12	13,51	1,15	0,72	10,10	23,20	2,73	1,74	1,04	0,06	10,59	0,24	0,02	0,04	0,00	0,10	6,85	0,42	27,66	100,30	277	64	95
27 / 1 .	0,00	0,16	13,20	0,75	1,08	11,37	24,18	2,68	1,50	0,97	0,08	9,97	0,32	0,02	0,08	0,00	0,12	5,41	0,28	27,29	99,47	427	84	123
28 / 1 .	0,00	0,07	13,56	0,85	0,81	10,66	23,82	2,81	1,70	1,05	0,07	10,94	0,24	0,00	0,05	0,00	0,11	5,44	0,24	27,63	100,06	384	84	120
29 / 1 .	0,00	0,10	13,71	1,07	0,71	10,52	22,99	2,63	1,74	1,08	0,08	10,42	0,27	0,01	0,04	0,00	0,11	6,30	0,38	27,79	99,95	330	70	47
30 / 1 .	0,00	0,15	13,55	1,24	0,81	10,09	22,43	2,63	1,62	0,94	0,08	9,99	0,22	0,02	0,05	0,00	0,16	8,30	0,36	27,72	100,37	372	56	51
31 / 1 .	0,02	0,39	13,43	1,07	0,53	10,71	23,17	2,63	1,36	0,76	0,04	9,89	0,16	0,01	0,02	0,00	0,14	7,96	0,18	27,79	100,27	376	62	92
32 / 1 .	0,00	0,12	13,56	1,24	0,54	10,59	23,15	2,66	1,57	0,88	0,05	10,08	0,19	0,00	0,03	0,00	0,13	7,26	0,34	27,67	100,06	346	63	142
33 / 1 .	0,00	0,07	13,86	1,18	1,86	9,66	21,75	2,64	1,81	1,29	0,12	10,34	0,48	0,04	0,13	0,00	0,17	5,85	1,09	28,04	100,40	402	58	145
34 / 1 .	0,00	0,17	13,52	1,34	0,86	9,64	22,40	2,66	1,71	1,01	0,08	10,09	0,24	0,01	0,06	0,00	0,15	7,94	0,25	27,66	99,79	389	60	151
35 / 1 .	0,00	0,14	13,65	1,31	1,21	9,47	21,87	2,58	1,79	1,16	0,09	10,08	0,36	0,02	0,08	0,00	0,13	7,97	0,42	27,82	100,14	311	57	N
36 / 1 .	0,00	0,14	13,12	1,39	1,19	9,25	21,80	2,55	1,69	1,08	0,08	9,79	0,33	0,06	0,08	0,00	0,15	7,56	0,38	26,97	97,60	374	60	59-1
37 / 1 .	0,00	0,11	13,73	1,11	0,59	10,40	23,20	2,67	1,66	0,93	0,08	10,16	0,22	0,02	0,03	0,00	0,11	6,71	0,34	27,80	99,90	329	67	59-2
38 / 1 .	0,00	0,20	13,68	1,72	0,83	8,41	21,27	2,55	1,75	1,01	0,08	9,98	0,25	0,03	0,05	0,00	0,18	9,32	0,26	27,80	99,37	387	53	57
39 / 1 .	0,00	0,09	13,77	1,20	0,71	10,47	22,90	2,58	1,68	1,03	0,07	9,89	0,29	0,01	0,04	0,00	0,12	7,11	0,45	27,87	100,27	320	61	89
40 / 1 .	0,00	0,11	13,60	1,20	1,22	9,30	21,86	2,63	1,78	1,14	0,09	10,38	0,33	0,03	0,08	0,00	0,13	7,31	0,35	27,60	99,15	333	63	54

7.1.3 APL 15 (1)

Point	Al	Si	P	Ca	Fe	Y	La	Ce	Sm	Tb	Dy	Pr	Nd	Gd	Ho	Pb	Th	U	O	Total	Age (Ma)	Age error	Comment
1 / 1 .	0,00	0,13	12,65	0,87	0,02	0,62	11,26	24,83	1,37	0,04	0,16	2,76	10,17	0,74	0,00	0,16	6,13	0,22	27,95	100,09	507	61	APL-15-1
2 / 1 .	0,00	0,18	12,61	1,19	0,00	0,76	10,65	23,54	1,53	0,02	0,24	2,67	10,00	0,93	0,00	0,15	6,79	0,27	27,81	99,36	436	54	APL-15-1
3 / 1 .	0,06	0,32	12,66	1,72	0,19	1,15	10,39	22,40	1,57	0,08	0,32	2,58	9,85	1,00	0,01	0,17	7,30	0,50	28,28	100,54	416	48	APL-15-1
4 / 1 .	0,00	0,09	12,71	0,77	0,06	0,80	12,35	25,17	1,41	0,06	0,24	2,74	9,91	0,89	0,00	0,13	4,83	0,16	28,08	100,41	548	75	APL-15-1
5 / 1 .	0,00	0,14	12,77	1,40	0,02	1,18	9,16	22,15	1,76	0,08	0,36	2,62	10,07	1,15	0,00	0,17	8,06	0,50	27,91	99,48	391	44	APL-15-1
6 / 1 .	0,00	0,12	12,70	1,46	0,00	0,81	9,69	22,93	1,56	0,07	0,25	2,62	9,73	0,86	0,02	0,20	7,41	1,35	27,85	99,64	377	38	APL-15-1
7 / 1 .	0,00	0,12	12,78	1,17	0,03	0,72	10,37	23,62	1,65	0,08	0,24	2,69	10,19	1,00	0,00	0,15	6,46	0,30	27,95	99,51	460	56	APL-15-1
8 / 1 .	0,00	0,14	12,77	1,23	0,00	0,75	10,10	23,43	1,67	0,07	0,23	2,75	10,44	0,96	0,00	0,15	7,23	0,32	28,04	100,28	412	50	APL-15-1
9 / 1 .	0,00	0,14	12,77	1,25	0,09	0,84	10,55	23,17	1,68	0,10	0,29	2,64	10,00	1,03	0,01	0,14	6,18	0,27	27,93	99,09	442	57	APL-15-1
11 / 1 .	0,00	0,09	12,85	1,12	0,08	1,12	10,16	23,15	1,72	0,07	0,36	2,69	10,18	1,14	0,02	0,16	6,23	0,62	28,03	99,81	437	51	APL-15-1
13 / 1 .	0,00	0,11	12,80	1,20	0,07	0,71	10,45	23,99	1,56	0,05	0,24	2,64	9,92	0,97	0,00	0,15	6,22	0,27	27,98	99,33	468	58	APL-15-1
14 / 1 .	0,00	0,10	12,74	1,03	0,01	0,42	10,90	24,20	1,66	0,05	0,14	2,78	10,57	0,92	0,00	0,15	6,03	0,29	27,95	99,95	467	58	APL-15-1
15 / 1 .	0,00	0,14	13,47	0,98	0,02	0,61	10,62	24,04	1,59	0,06	0,19	2,72	10,40	0,87	0,03	0,15	5,49	0,23	28,77	100,37	518	66	APL-15-1
16 / 1 .	0,00	0,12	12,77	1,28	0,00	1,17	9,50	22,53	1,79	0,09	0,37	2,66	10,23	1,15	0,02	0,17	6,49	1,02	27,85	99,19	378	43	APL-15-1
17 / 1 .	0,01	0,15	12,79	1,15	0,00	1,15	10,03	23,29	1,71	0,09	0,35	2,68	10,08	1,08	0,00	0,15	6,24	0,51	27,99	99,44	436	52	APL-15-1
18 / 1 .	0,02	0,19	12,63	1,23	0,10	1,28	10,06	22,55	1,73	0,15	0,40	2,64	10,13	1,22	0,02	0,19	5,73	1,55	27,90	99,72	400	41	APL-15-1
19 / 1 .	0,00	0,16	12,26	1,26	0,01	0,73	10,38	23,40	1,59	0,07	0,24	2,65	9,82	0,97	0,00	0,15	6,33	0,27	27,22	97,51	456	57	APL-15-1
20 / 1 .	0,03	0,15	12,73	1,13	0,26	0,60	10,67	23,81	1,58	0,07	0,20	2,68	10,06	0,92	0,00	0,18	8,67	0,55	28,36	102,62	382	41	APL-15-1
21 / 1 .	0,01	0,13	12,77	1,34	0,00	0,94	9,91	22,88	1,67	0,09	0,29	2,65	9,89	1,02	0,00	0,18	8,36	0,68	28,10	100,90	377	41	APL-15-1
22 / 1 .	0,00	0,12	12,76	1,03	0,12	0,99	10,51	23,70	1,56	0,08	0,27	2,68	10,40	0,99	0,03	0,15	6,40	0,26	28,03	100,07	448	56	APL-15-1
23 / 1 .	0,00	0,11	12,85	1,12	0,03	0,41	10,82	24,19	1,52	0,05	0,16	2,65	10,21	0,81	0,00	0,16	6,84	0,29	28,13	100,36	449	53	APL-15-1
24 / 1 .	0,00	0,10	12,80	1,16	0,14	0,93	10,74	24,56	1,65	0,06	0,29	2,67	10,20	1,03	0,03	0,14	5,78	0,31	28,25	100,82	449	59	APL-15-1
25 / 1 .	0,00	0,12	12,72	1,27	0,01	0,92	9,69	22,80	1,70	0,08	0,29	2,68	10,22	1,03	0,00	0,17	8,00	0,54	27,94	100,18	390	43	APL-15-1
26 / 1 .	0,02	0,14	12,79	1,07	0,09	0,90	10,76	23,91	1,56	0,10	0,25	2,68	10,01	0,97	0,00	0,16	6,85	0,30	28,18	100,74	456	54	APL-15-1
27 / 1 .	0,00	0,04	12,91	1,02	0,00	1,89	10,78	23,38	1,66	0,12	0,52	2,55	9,69	1,23	0,03	0,15	4,49	0,72	28,05	99,22	490	60	APL-15-1
28 / 1 .	0,00	0,11	12,68	1,52	0,00	1,31	9,45	22,51	1,77	0,07	0,39	2,57	10,14	1,16	0,00	0,17	8,27	0,68	28,00	100,79	371	41	APL-15-1
29 / 1 .	0,03	0,17	12,66	1,04	0,00	0,83	10,85	23,79	1,59	0,08	0,25	2,63	9,87	0,96	0,00	0,17	7,27	0,53	28,03	100,74	416	47	APL-15-1
30 / 1 .	0,00	0,14	12,70	1,08	0,14	0,40	10,64	24,06	1,55	0,07	0,15	2,69	10,15	0,82	0,00	0,15	6,17	0,25	27,83	99,00	468	59	APL-15-1
31 / 1 .	0,07	0,51	12,67	1,27	0,00	0,31	10,84	23,84	1,39	0,05	0,13	2,64	9,78	0,72	0,01	0,16	7,82	0,33	28,38	100,92	412	47	APL-15-1
33 / 1 .	0,00	0,11	12,85	1,34	0,32	1,31	9,49	22,22	1,74	0,12	0,38	2,58	9,77	1,15	0,01	0,16	8,53	0,56	28,17	100,80	351	41	APL-15-1
34 / 1 .	0,06	0,24	12,68	1,11	0,44	0,56	10,24	22,95	1,61	0,06	0,15	2,72	10,62	0,86	0,00	0,16	7,94	0,23	28,12	100,73	418	49	APL-15-1
35 / 1 .	0,00	0,17	12,65	0,67	0,05	0,83	12,46	25,36	1,33	0,08	0,25	2,64	9,60	0,85	0,02	0,13	4,75	0,10	28,02	99,96	555	80	APL-15-1
36 / 1 .	0,00	0,23	12,62	0,93	0,22	0,73	11,19	24,16	1,49	0,06	0,23	2,62	9,85	0,88	0,00	0,15	7,04	0,37	28,09	100,87	402	50	APL-15-1
37 / 1 .	0,00	0,14	12,77	1,43	0,04	0,69	9,79	23,02	1,53	0,06	0,19	2,66	10,01	0,78	0,00	0,18	7,91	1,06	28,03	100,30	363	38	APL-15-1
38 / 1 .	0,10	0,45	12,63	1,39	0,07	1,59	9,42	21,47	1,75	0,09	0,37	2,53	9,81	1,20	0,01	0,20	8,84	0,70	28,28	100,92	394	41	APL-15-1
39 / 1 .	0,01	0,20	12,86	1,26	0,00	0,79	9,99	23,27	1,65	0,06	0,22	2,68	10,23	0,93	0,01	0,16	7,09	0,29	28,14	99,84	452	53	APL-15-1
40 / 1 .	0,00	0,56	12,65	1,35	0,01	1,07	10,30	23,41	1,65	0,10	0,30	2,68	10,20	1,06	0,02	0,15	6,49	0,35	28,42	100,75	432	54	APL-15-1
42 / 1 .	0,11	0,17	13,05	0,91	0,10	1,06	11,53	24,41	1,57	0,09	0,33	2,61	9,66	1,02	0,02	0,16	3,24	1,19	28,46	99,69	489	58	APL-15-1
43 / 1 .	0,02	0,95	11,57	0,97	0,44	0,43	9,59	23,31	1,92	0,10	0,20	2,78	10,52	1,13	0,00	0,15	5,71	0,35	27,13	97,27	478	61	APL-15-1
44 / 1 .	0,00	0,05	12,93	1,25	0,00	1,95	9,24	21,94	1,95	0,13	0,54	2,68	10,41	1,40	0,07	0,22	5,08	2,21	28,10	100,16	393	38	APL-15-1
45 / 1 .	0,00	0,11	12,88	1,12	0,15	0,93	10,10	23,70	1,65	0,07	0,28	2,73	10,30	0,97	0,01	0,15	4,89	0,26	27,93	98,25	567	61	APL-15-1
46 / 1 .	0,03	0,21	12,84	1,05	0,00	0,61	10,55	24,11	1,53	0,07	0,19	2,75	10,59	0,83	0,00	0,15	5,62	0,17	28,11	99,39	525	67	APL-15-1
47 / 1 .	0,04	0,20	12,85	1,15	0,00	0,67	10,47	23,20	1,63	0,07	0,22	2,71	10,12	1,01	0,00	0,16	7,17	0,38	28,15	100,19	434	50	APL-15-1
48 / 1 .	0,00	0,13	12,74	1,27	0,00	0,84	9,93	23,09	1,71	0,08	0,28	2,69	10,18	1,05	0,02	0,17	7,76	0,51	27,99	100,46	398	45	APL-15-1
49 / 1 .	0,05	0,22	12,72	1,50	0,05	0,88	9,36	22,41	1,59	0,06	0,28	2,64	9,72	0,91	0,00	0,19	8,36	0,66	28,00	99,61	398	41	APL-15-1
50 / 1 .	0,00	0,10	12,80	1,14	0,06	0,90	10,44	23,79	1,63	0,07	0,29	2,72	10,12	1,03	0,03	0,17	7,03	0,50	28,18	100,99	430	49	APL-15-1
51 / 1 .	0,00	0,10	12,92	0,87	0,03	0,41	11,37	24,75	1,64	0,07	0,16	2,74	10,68	0,94	0,00	0,13	4,74	0,21	28,16	99,91	550	74	APL-15-1
52 / 1 .	0,00	0,13	12,79	1,29	0,01	0,56	10,47	23,33	1,59	0,10	0,22	2,75	10,24	0,90	0,00	0,18	7,22	0,70	28,09	100,57	430	46	APL-15-1

7.1.4 APL 15 (2)

Point	P	Al	Si	Ca	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Pb	Th	U	O	Total	Age Ma	Age err	Comment
1/1.	13.11	0,00	0,12	0,97	1,09	10,14	22,60	2,70	11,30	1,71	1,03	0,08	0,32	0,02	0,07	0,00	0,11	7,71	0,56	27,33	100,95	252	72	79
2/1.	12.99	0,00	0,14	1,08	0,39	10,50	23,08	2,63	10,98	1,50	0,75	0,03	0,12	0,00	0,02	0,00	0,12	8,89	0,16	27,13	100,52	292	69	31
3/1.	13.14	0,00	0,13	0,84	0,78	10,60	23,99	2,73	11,36	1,54	0,81	0,05	0,22	0,01	0,05	0,00	0,08	7,05	0,08	27,35	100,82	252	89	31
4/1.	13.17	0,00	0,13	1,12	0,71	10,34	22,55	2,63	10,81	1,57	0,84	0,05	0,21	0,00	0,04	0,00	0,13	8,55	0,18	27,31	100,33	315	73	173
5/1.	13.49	0,00	0,02	0,70	2,21	10,90	22,27	2,71	11,49	2,06	1,58	0,14	0,60	0,03	0,13	0,00	0,08	4,29	0,47	27,72	100,88	302	120	29
6/1.	12.84	0,00	0,17	1,09	0,98	10,23	22,86	2,60	10,73	1,56	0,90	0,06	0,27	0,00	0,05	0,00	0,14	8,38	0,31	27,02	100,17	330	72	47
7/1.	13.14	0,00	0,13	1,14	0,45	10,47	22,71	2,65	10,91	1,55	0,76	0,04	0,13	0,00	0,01	0,00	0,13	8,68	0,16	27,26	100,31	307	73	163
9/1.	12.99	0,00	0,12	1,13	0,36	10,09	23,17	2,71	11,23	1,63	0,80	0,05	0,15	0,00	0,01	0,00	0,11	8,57	0,13	27,11	100,37	280	75	160
10/1.	13.37	0,00	0,07	0,81	0,65	10,64	23,39	2,77	11,96	1,95	1,19	0,08	0,25	0,00	0,04	0,00	0,10	5,63	0,20	27,49	100,58	348	110	160
11/1.	13.18	0,00	0,11	1,18	0,59	10,42	22,29	2,67	10,94	1,59	0,83	0,05	0,19	0,00	0,04	0,00	0,14	8,25	0,22	27,26	99,95	346	75	216
12/1.	13.19	0,00	0,12	1,26	1,17	9,87	22,16	2,55	10,71	1,70	1,00	0,09	0,30	0,02	0,07	0,00	0,16	7,90	0,71	27,37	100,36	348	68	216
13/1.	12.92	0,00	0,09	1,28	1,54	8,71	21,42	2,62	11,05	1,90	1,16	0,09	0,42	0,03	0,10	0,00	0,17	8,79	0,68	27,03	100,00	337	61	212
14/1.	12.93	0,00	0,09	1,23	1,58	8,95	21,67	2,60	11,01	1,88	1,14	0,08	0,38	0,02	0,11	0,00	0,17	8,41	0,74	27,04	100,02	346	64	212
15/1.	13.09	0,00	0,11	1,03	1,23	9,88	23,91	2,62	10,62	1,61	0,93	0,08	0,30	0,00	0,08	0,00	0,10	6,74	0,48	27,24	100,07	273	83	210
16/1.	13.02	0,00	0,13	1,15	0,53	9,94	22,70	2,58	10,88	1,60	0,83	0,04	0,18	0,00	0,02	0,00	0,13	9,22	0,19	27,13	100,26	306	69	317
17/1.	13.14	0,02	0,13	1,25	1,33	9,38	22,06	2,55	10,66	1,72	1,02	0,09	0,35	0,03	0,09	0,00	0,15	8,15	0,95	27,34	100,42	308	60	202
18/1.	13.26	0,00	0,12	0,74	0,70	12,32	24,51	2,61	10,22	1,34	0,73	0,04	0,19	0,00	0,04	0,00	0,09	5,92	0,10	27,41	100,35	324	110	330
21/1.	13.29	0,00	0,12	1,35	1,47	8,91	23,14	2,52	10,54	1,75	1,06	0,08	0,37	0,00	0,06	0,00	0,12	7,59	0,11	27,50	99,97	347	83	460
22/1.	12.98	0,00	0,11	1,25	1,47	9,22	21,57	2,52	10,56	1,75	1,04	0,08	0,36	0,01	0,08	0,00	0,15	8,52	0,45	27,01	99,15	335	68	460
23/1.	12.62	0,01	0,11	1,43	1,10	8,39	21,96	2,53	10,63	1,97	1,20	0,08	0,37	0,00	0,04	0,00	0,17	9,45	0,74	26,66	99,45	314	57	464
24/1.	12.69	0,00	0,31	0,93	1,56	9,91	22,38	2,53	10,39	1,59	1,03	0,08	0,40	0,05	0,10	0,00	0,14	7,95	0,70	26,92	99,67	308	68	468
25/1.	13.02	0,00	0,15	0,92	1,36	11,49	23,17	2,40	9,58	1,41	0,89	0,08	0,33	0,02	0,08	0,00	0,13	7,66	0,38	27,20	100,25	317	75	471
26/1.	12.88	0,00	0,12	0,86	1,39	11,47	23,51	2,50	10,00	1,45	0,88	0,08	0,33	0,02	0,08	0,00	0,12	6,99	0,45	27,05	100,19	309	79	474
27/1.	12.77	0,03	0,18	1,03	0,65	10,91	23,62	2,56	10,32	1,43	0,75	0,04	0,18	0,01	0,04	0,00	0,13	7,85	0,15	26,87	99,52	340	79	476
28/1.	12.84	0,00	0,20	0,95	2,05	9,04	22,50	2,62	10,89	1,75	1,13	0,11	0,46	0,01	0,13	0,00	0,10	7,85	0,23	27,07	99,92	263	79	476
29/1.	13.25	0,00	0,14	1,14	0,73	9,65	22,38	2,55	10,93	1,64	0,85	0,06	0,22	0,00	0,05	0,00	0,13	9,50	0,16	27,44	100,82	290	64	481
30/1.	13.24	0,00	0,11	1,11	0,96	9,45	22,52	2,63	11,17	1,68	0,89	0,08	0,25	0,00	0,05	0,00	0,12	8,28	0,46	27,38	100,40	283	70	479
31/1.	13.28	0,01	0,14	1,10	0,60	10,34	23,07	2,58	10,84	1,61	0,84	0,06	0,19	0,00	0,03	0,00	0,12	8,12	0,19	27,47	100,60	301	75	430
32/1.	13.00	0,00	0,14	1,01	0,65	10,27	23,84	2,69	10,95	1,47	0,74	0,06	0,18	0,00	0,04	0,00	0,12	7,91	0,14	27,16	100,37	333	78	435
33/1.	12.66	0,00	0,12	1,17	0,89	9,84	22,64	2,59	10,66	1,68	0,91	0,06	0,25	0,00	0,05	0,00	0,16	8,48	0,50	26,67	99,34	351	68	433
34/1.	12.78	0,00	0,14	1,10	0,82	10,31	22,80	2,55	10,31	1,55	0,85	0,06	0,23	0,00	0,04	0,00	0,13	8,53	0,39	26,80	99,38	308	70	367
35/1.	13.10	0,22	0,66	0,78	1,43	12,04	22,96	2,43	9,33	1,37	0,88	0,07	0,36	0,03	0,08	0,00	0,10	6,47	0,35	27,91	100,58	295	90	310
36/1.	12.80	0,00	0,13	1,17	0,68	10,48	22,95	2,58	10,50	1,50	0,77	0,04	0,18	0,00	0,04	0,00	0,12	8,61	0,09	26,85	99,49	312	73	370
37/1.	12.61	0,00	0,15	1,41	0,67	9,69	22,50	2,58	10,51	1,63	0,87	0,05	0,22	0,01	0,04	0,00	0,15	9,71	0,21	26,72	99,73	329	65	372
38/1.	13.48	0,00	0,02	0,82	2,31	10,85	22,21	2,57	10,73	1,81	1,38	0,14	0,63	0,04	0,15	0,00	0,09	4,87	0,67	27,66	100,43	274	96	428
39/1.	13.46	0,00	0,10	1,30	1,66	8,60	20,88	2,53	10,72	1,84	1,16	0,11	0,44	0,03	0,11	0,00	0,16	8,68	0,95	27,61	100,35	313	57	377
40/1.	13.49	0,00	0,07	1,19	1,83	9,05	21,31	2,55	10,85	1,87	1,17	0,10	0,47	0,03	0,12	0,00	0,15	7,58	1,17	27,68	100,68	296	60	377
41/1.	12.94	0,00	0,11	0,99	0,95	10,57	23,56	2,68	10,99	1,57	0,81	0,06	0,24	0,00	0,05	0,00	0,11	7,42	0,31	27,12	100,51	298	81	375
42/1.	13.37	0,00	0,10	0,78	0,70	10,81	23,48	2,81	11,65	1,61	0,84	0,04	0,19	0,00	0,04	0,00	0,10	6,16	0,13	27,47	100,26	329	103	303
43/1.	13.34	0,00	0,11	0,94	0,57	10,66	22,97	2,75	11,41	1,60	0,83	0,04	0,15	0,00	0,02	0,00	0,10	7,18	0,13	27,44	100,24	308	87	303
44/1.	12.83	0,00	0,15	1,27	1,59	9,03	22,54	2,54	10,58	1,79	1,11	0,09	0,45	0,01	0,11	0,00	0,16	8,23	1,06	27,10	100,65	314	59	301
45/1.	12.92	0,10	0,39	1,36	1,93	8,61	21,29	2,43	10,16	1,77	1,17	0,12	0,49	0,02	0,12	0,00	0,17	8,83	1,12	27,43	100,44	311	54	305
46/1.	13.11	0,00	0,20	0,78	0,60	11,76	24,43	2,63	10,44	1,34	0,70	0,03	0,15	0,00	0,04	0,00	0,09	6,95	0,02	27,34	100,61	282	96	299
47/1.	13.00	0,01	0,14	1,03	0,53	10,49	23,63	2,69	10,93	1,50	0,71	0,04	0,15	0,00	0,03	0,00	0,12	7,90	0,15	27,13	100,18	316	78	295
48/1.	12.76	0,00	0,11	1,53	1,10	9,50	22,12	2,58	10,71	1,70	0,97	0,06	0,30	0,01	0,06	0,00	0,15	8,98	0,48	26,94	100,08	314	64	290
49/1.	12.71	0,03	0,24	1,28	0,70	9,83	23,09	2,54	10,45	1,57	0,82	0,06	0,22	0,00	0,05	0,00	0,15	9,59	0,12	27,01	100,44	328	67	288
50/1.	12.95	0,00	0,07	1,27	1,92	9,06	21,13	2,53	10,61	1,86	1,22	0,11	0,50	0,02	0,14	0,00	0,17	8,06	1,36	27,05	100,02	304	56	293

## 7.2 Porcentaje de óxidos presente en las monacitas

### 7.2.1 APL 14

Oxide Point	Al2O3	SiO2	P2O5	CaO	FeO	Y2O3	La2O3	CeO2	SmO	Tb2O3	Dy2O3	Pr2O3	Nd2O3	Gd2O3	Ho2O3	PbO	ThO2	UO2	Total	Age	err	
1 / 1 .	0,00	0,38	29,09	1,52	0,31	0,79	13,31	30,45	1,40	0,05	0,21	3,13	11,19	0,76	0,01	0,17	7,73	0,47	100,96	433	51	
2 / 1 .	1,42	2,33	28,82	1,94	1,30	1,05	10,90	27,04	1,69	0,09	0,32	3,00	11,12	1,02	0,02	0,21	10,12	0,93	103,31	384	38	
3 / 1 .	0,00	0,32	29,30	1,37	0,00	0,95	12,79	30,14	1,59	0,03	0,26	3,20	11,65	0,91	0,01	0,18	6,24	0,47	99,39	533	61	
4 / 1 .	0,00	0,27	29,34	1,83	0,00	1,11	11,76	28,28	1,82	0,07	0,30	3,10	11,84	1,07	0,00	0,20	8,05	1,00	100,03	411	43	
5 / 1 .	0,00	0,30	29,51	2,19	0,00	1,00	11,29	27,59	1,63	0,06	0,27	2,99	10,85	0,97	0,02	0,23	6,21	1,23	96,34	519	50	
6 / 1 .	0,89	1,75	26,56	1,57	4,44	0,56	12,08	27,82	1,17	0,05	0,10	2,86	10,22	0,61	0,00	0,21	9,95	0,44	101,28	426	44	
7 / 1 .	0,01	0,15	26,59	0,66	0,70	0,48	12,95	30,48	1,76	0,08	0,18	3,23	12,20	0,99	0,00	0,13	7,26	0,17	99,62	399	58	
8 / 1 .	0,00	0,35	29,09	1,23	0,07	0,74	13,48	30,52	1,55	0,04	0,26	3,12	11,53	0,93	0,01	0,17	6,84	0,25	100,18	516	62	
9 / 1 .	0,58	0,62	0,22	0,03	39,67	0,02	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,04	41,53	6788	316	
10 / 1 .	0,56	1,36	27,23	1,92	3,58	1,02	11,93	26,93	1,52	0,11	0,25	2,79	10,41	0,94	0,00	0,20	6,43	1,47	98,65	424	43	
11 / 1 .	0,00	0,38	29,30	1,72	0,00	1,05	11,99	28,87	1,60	0,06	0,31	3,08	11,43	0,97	0,04	0,19	8,14	0,84	99,98	420	45	
12 / 1 .	0,00	0,18	29,35	1,72	0,00	1,45	11,34	28,10	1,93	0,12	0,36	3,19	12,32	1,22	0,04	0,22	6,52	2,06	100,11	390	38	
13 / 1 .	0,11	0,55	28,11	2,34	1,92	0,92	10,79	26,26	1,56	0,06	0,28	2,78	10,52	0,93	0,00	0,21	9,00	1,15	97,49	482	39	
14 / 1 .	0,00	0,28	29,49	1,62	0,28	0,79	13,25	28,96	1,70	0,06	0,24	3,11	11,49	0,93	0,00	0,16	6,86	0,38	99,62	473	58	
15 / 1 .	0,00	0,29	29,33	1,98	0,00	0,93	12,09	28,50	1,52	0,07	0,22	3,02	10,86	0,92	0,02	0,20	8,96	1,07	99,97	371	40	
16 / 1 .	0,02	0,61	28,91	2,18	0,20	0,88	11,09	27,32	1,69	0,08	0,25	2,98	10,69	1,00	0,00	0,19	10,69	0,59	99,37	350	38	
17 / 1 .	0,00	0,29	29,16	1,23	0,20	0,70	13,82	30,79	1,38	0,07	0,16	3,15	11,71	0,82	0,05	0,15	6,23	0,20	100,11	525	68	
18 / 1 .	0,00	0,48	28,88	1,64	0,05	0,78	12,96	29,95	1,40	0,05	0,20	3,04	11,41	0,81	0,02	0,17	7,31	0,27	99,41	495	58	
19 / 1 .	0,57	1,63	25,46	3,34	6,68	0,94	9,88	23,90	1,35	0,13	0,20	2,57	9,83	0,84	0,00	0,26	10,79	0,87	99,25	447	38	
20 / 1 .	0,00	0,39	29,20	1,67	0,17	0,84	12,37	29,10	1,50	0,07	0,19	3,07	11,26	0,84	0,03	0,18	8,55	0,37	99,78	425	49	
21 / 1 .	0,00	0,31	29,79	1,66	0,06	1,07	12,10	28,81	1,64	0,03	0,24	3,07	11,53	0,95	0,04	0,19	8,61	0,78	100,88	401	44	
22 / 1 .	16,66	40,03	5,07	2,64	4,06	0,25	2,49	5,55	0,29	0,04	0,04	0,55	2,04	0,14	0,00	0,00	0,06	0,38	80,28		173	
23 / 1 .	0,14	0,56	29,36	1,80	0,37	1,24	12,11	27,70	1,69	0,11	0,36	2,91	10,88	1,09	0,01	0,20	7,72	1,54	99,79	369	39	
24 / 1 .	0,14	0,73	28,85	1,29	0,38	0,63	13,81	30,34	1,41	0,03	0,16	3,11	11,58	0,74	0,07	0,16	7,06	0,23	100,72	495	61	
25 / 1 .	0,00	0,62	29,61	1,26	0,16	0,74	13,09	30,38	1,44	0,05	0,15	3,12	11,42	0,80	0,09	0,16	6,01	0,20	99,32	565	70	
26 / 1 .	4,27	13,72	26,42	1,21	0,00	0,59	12,10	26,99	1,18	0,02	0,11	2,87	10,57	0,62	0,06	0,17	7,55	0,33	108,79	459	56	
27 / 1 .	0,00	0,38	29,06	1,81	0,00	1,01	11,79	28,49	1,64	0,06	0,27	3,06	11,46	0,94	0,07	0,19	9,17	0,79	100,20	378	41	
28 / 1 .	0,00	0,20	29,03	1,62	0,00	1,25	13,93	28,86	1,63	0,07	0,34	3,06	11,05	1,03	0,10	0,20	6,14	1,43	99,96	440	45	
29 / 1 .	6,16	15,76	25,12	1,64	0,02	0,90	10,95	25,40	1,33	0,02	0,22	2,71	10,03	0,83	0,09	0,17	7,07	0,62	109,04	442	52	
30 / 1 .	0,14	0,67	33,44	8,49	0,03	1,08	11,11	26,50	1,44	0,06	0,29	2,85	10,51	0,91	0,02	0,17	7,57	0,55	105,84	427	50	
31 / 1 .	0,00	0,25	29,69	1,67	0,30	1,30	12,71	28,90	1,61	0,10	0,32	3,02	11,07	1,08	0,03	0,20	6,71	1,63	100,61	400	41	
32 / 1 .	0,00	0,26	28,26	2,55	0,11	0,89	10,39	26,12	1,92	0,08	0,24	3,02	11,09	1,06	0,00	0,22	13,32	1,12	100,66	305	30	
33 / 1 .	0,00	0,25	28,88	1,40	0,26	0,99	13,04	30,23	1,66	0,07	0,28	3,14	11,33	0,97	0,02	0,19	6,51	0,92	100,14	464	51	
34 / 1 .	0,00	0,35	29,27	2,00	0,19	1,01	11,94	28,37	1,62	0,08	0,29	3,05	10,85	0,95	0,00	0,20	8,67	1,12	99,94	381	40	
35 / 1 .	0,00	0,55	28,71	1,29	0,24	0,78	13,49	30,16	1,44	0,05	0,22	3,16	11,44	0,78	0,01	0,17	8,11	0,30	100,89	433	52	
36 / 1 .	0,00	0,43	28,93	1,28	0,00	0,58	13,71	30,12	1,37	0,05	0,14	3,16	11,98	0,67	0,00	0,21	6,80	1,34	100,78	438	44	
37 / 1 .	0,22	0,95	28,98	1,79	0,31	1,19	12,30	28,18	1,56	0,08	0,29	2,93	10,76	0,96	0,01	0,21	7,19	1,70	99,59	388	39	
38 / 1 .	0,00	0,48	28,90	1,39	0,58	0,83	13,22	29,72	1,38	0,06	0,16	3,12	11,12	0,84	0,03	0,19	8,41	0,55	100,97	435	48	
39 / 1 .	0,41	1,50	28,45	1,61	0,21	1,20	12,94	29,10	1,59	0,09	0,31	3,02	11,04	1,02	0,02	0,20	6,11	1,30	100,12	449	47	
40 / 1 .	0,20	0,88	28,82	1,38	0,58	1,08	13,14	29,10	1,51	0,05	0,30	2,99	10,77	0,91	0,00	0,18	8,26	0,28	100,44	453	52	
41 / 1 .	2,85	5,39	26,31	1,73	2,61	0,83	10,96	25,85	1,39	0,04	0,22	2,85	10,34	0,83	0,00	0,19	8,56	0,76	101,70	413	44	
42 / 1 .	0,00	0,44	29,05	1,79	0,40	0,71	10,83	28,47	1,72	0,04	0,21	3,31	12,46	0,86	0,00	0,17	8,51	0,24	99,19	434	52	
43 / 1 .	18,05	37,78	0,02	0,00	19,96	0,01	0,01	0,02	0,04	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,86	78,90		27
44 / 1 .	7,73	12,44	25,80	1,65	0,27	1,12	11,05	24,81	1,35	0,08	0,28	2,62	9,51	0,85	0,00	0,18	5,42	1,40	106,56	436	46	
45 / 1 .	0,00	0,18	29,34	1,75	0,41	1,31	12,66	28,74	1,64	0,06	0,36	2,95	11,12	1,01	0,07	0,22	6,82	1,71	100,35	411	41	
46 / 1 .	0,00	0,38	29,35	2,66	0,00	0,96	10,45	26,04	1,66	0,05	0,26	2,86	10,40	0,93	0,00	0,34	11,18	0,17	98,23	596	42	
47 / 1 .	3,64	9,59	23,90	1,74	3,95	0,43	10,36	24,87	1,37	0,10	0,15	2,75	9,94	0,79	0,00	0,21	9,24	0,93	103,96	399	41	
48 / 1 .	1,88	4,56	28,26	2,06	0,23	1,10	10,91	26,42	1,62	0,11	0,30	2,93	11,12	1,00	0,02	0,21	7,97	1,29	101,98	400	41	
49 / 1 .	0,07	0,79	28,07	1,94	2,36	1,01	11,39	27,19	1,57	0,08	0,27	2,91	10,96	0,91	0,00	0,18	7,42	0,49	97,60	477	53	
50 / 1 .	0,00	0,52	28,80	1,07	0,00	0,65	14,46	31,57	1,28	0,05	0,14	3,09	11,00	0,69	0,00	0,17	6,96	0,27	100,71	518	61	
51 / 1 .	0,00	0,23	29,43	1,75	0,24	1,12	11,86	28,46	1,73	0,07	0,33	3,07	11,61	1,06	0,04	0,21	7,35	1,49	100,04	407	41	
52 / 1 .	0,00	0,20	29,81	1,56	0,00	1,38	11,54	28,60	1,88	0,10	0,37	3,19	12,22	1,16	0,00	0,21	5,98	1,51	99,71	454	45	
53 / 1 .	0,32	1,01	29,03	1,84	1,07	1,13	11,57	27,92	1,59	0,11	0,31	2,94	10,94	0,95	0,02	0,20	9,96	0,54	101,44	398	42	
54 / 1 .	0,11	0,34	29,33	1,80	0,14	1,39	12,41	28,58	1,66	0,09	0,37	2,95	11,13	1,02	0,00	0,23	6,86	1,76	100,15	425	41	
55 / 1 .	0,00	0,69	29,22	1,55	0,00	0,81	12,00	29,01	1,46	0,05	0,22	3,11	11,68	0,78	0,05	0,18	8,62	0,67	100,08	390	44	
56 / 1 .	0,28	1,45	25,46	2,71	2,74	1,03	11,20	25,43	1,34	0,09	0,25	2,58	9,53	0,80	0,00	0,29	15,70	1,15	102,04	355	28	
57 / 1 .	0,06	0,42	29,32	1,85	0,00	1,28	11,84	28,27	1,69	0,04	0,33	3,09	11,58	1,03	0,02	0,20	7,94	0,98	99,95	427	44	
58 / 1 .	0,00	0,31	29,22	1,75	0,00	0,95	12,45	29,05	1,54	0,05	0,26	3,										

7.2.2 APL 15

Point	Al2O3	SiO2	P2O5	CaO	Y2O3	La2O3	Ce2O3	Pr2O3	Sm2O3	Gd2O3	Tb2O3	Nd2O3	Dy2O3	Ho2O3	Er2O3	Yb2O3	PbO	ThO2	U2O3	Total	Age	Age err	Comment
1 / 1 .	0.00	0.23	31.04	2.00	1.57	10.70	25.36	2.99	2.11	1.31	0.10	11.53	0.41	0.04	0.11	0.00	0.16	9.65	0.65	99.94	328	51	V
2 / 1 .	0.00	0.23	31.37	1.58	1.49	11.39	26.86	3.08	1.98	1.25	0.10	11.96	0.39	0.04	0.11	0.00	0.14	7.66	0.46	100.11	347	66	139-5
3 / 1 .	0.00	0.35	30.79	1.47	0.68	12.15	27.67	3.14	1.79	0.94	0.05	12.22	0.21	0.00	0.04	0.00	0.11	8.04	0.16	99.81	293	69	27
4 / 1 .	0.00	0.22	30.89	2.47	2.47	10.04	23.07	2.82	2.20	1.67	0.15	11.10	0.66	0.07	0.17	0.02	0.24	9.40	2.69	100.35	315	34	28-129
5 / 1 .	8.84	13.92	20.00	1.37	1.70	7.49	20.51	2.31	1.36	1.15	0.16	9.52	0.42	0.03	0.17	0.00	0.13	6.35	1.18	96.60	291	56	155
6 / 1 .	0.00	0.28	30.56	1.46	0.68	12.54	27.80	3.09	1.78	0.99	0.07	11.88	0.24	0.00	0.04	0.00	0.12	7.93	0.24	99.70	331	68	31
7 / 1 .	0.00	0.76	30.05	0.98	0.62	13.02	28.64	3.15	1.67	0.88	0.04	12.27	0.17	0.00	0.03	0.00	0.11	7.62	0.08	100.11	317	74	33
8 / 1 .	0.28	1.00	26.79	0.67	1.52	11.53	27.99	3.02	2.45	1.92	0.17	12.36	0.65	0.06	0.10	0.00	0.06	2.26	0.40	93.23	419	162	35
9 / 1 .	0.00	0.29	31.03	1.33	0.79	12.54	27.38	3.20	1.77	0.95	0.05	12.22	0.22	0.01	0.06	0.00	0.11	7.37	0.17	99.47	334	75	39
10 / 1 .	0.00	0.20	31.56	1.28	0.78	12.77	27.91	3.22	1.86	1.02	0.05	12.32	0.23	0.00	0.04	0.00	0.10	6.96	0.24	100.54	304	77	108
11 / 1 .	0.00	0.31	31.05	1.59	1.10	12.40	26.62	3.02	1.78	1.08	0.07	11.38	0.28	0.02	0.07	0.00	0.14	8.59	0.36	99.88	342	61	110
12 / 1 .	0.00	0.27	31.20	1.50	0.53	12.61	27.42	3.16	1.79	0.95	0.05	12.10	0.17	0.00	0.03	0.00	0.13	7.90	0.19	100.01	348	69	112
13 / 1 .	0.00	0.26	31.44	1.67	1.09	11.91	26.37	3.07	1.89	1.14	0.09	11.67	0.30	0.02	0.07	0.00	0.15	7.92	0.44	99.48	365	64	116
14 / 1 .	0.00	0.24	31.08	1.39	0.51	12.67	27.73	3.23	1.85	0.97	0.05	12.45	0.18	0.00	0.03	0.00	0.12	7.18	0.17	99.85	372	77	199
15 / 1 .	0.00	0.24	31.19	1.63	0.84	12.41	26.97	3.09	1.80	1.06	0.06	11.66	0.25	0.00	0.04	0.00	0.13	7.86	0.33	99.56	345	67	101
16 / 1 .	0.00	0.31	30.94	2.37	1.90	9.85	23.86	2.89	2.15	1.41	0.09	11.14	0.50	0.03	0.12	0.00	0.18	11.51	0.92	100.17	289	42	79
17 / 1 .	0.00	0.05	41.44	52.78	0.43	1.48	7.74	0.71	0.25	0.34	0.06	2.82	0.06	0.01	0.02	0.00	0.00	2.76	0.12	111.08		120	126
18 / 1 .	0.00	0.31	31.12	1.89	0.95	11.41	26.19	3.08	1.85	1.04	0.08	11.79	0.28	0.00	0.07	0.00	0.16	9.80	0.31	100.34	348	55	77
19 / 1 .	0.00	0.40	30.86	1.31	0.64	13.35	27.93	3.13	1.53	0.79	0.04	11.67	0.16	0.00	0.04	0.00	0.10	7.38	0.09	99.42	299	76	12
20 / 1 .	0.00	0.21	31.29	1.46	0.74	12.58	27.43	3.14	1.84	1.00	0.06	12.16	0.22	0.00	0.03	0.00	0.13	7.36	0.30	99.96	361	72	14
21 / 1 .	0.00	0.36	30.87	2.33	1.73	10.02	24.04	2.86	2.02	1.32	0.11	11.01	0.44	0.03	0.11	0.00	0.19	11.23	0.89	99.57	320	43	15
22 / 1 .	0.00	0.39	30.81	2.03	1.34	10.74	24.98	3.00	2.06	1.32	0.09	11.39	0.37	0.01	0.10	0.00	0.16	11.04	0.49	100.34	307	48	18
23 / 1 .	0.00	0.22	31.32	1.58	0.77	12.18	27.16	3.16	1.84	1.05	0.08	11.90	0.22	0.03	0.04	0.00	0.12	8.04	0.34	100.04	312	65	19
24 / 1 .	0.00	0.34	31.27	1.62	0.45	12.02	26.91	3.12	1.75	0.86	0.05	11.96	0.16	0.01	0.03	0.00	0.14	8.75	0.18	99.63	351	64	83
25 / 1 .	0.00	0.38	30.89	1.59	0.44	12.29	27.11	3.13	1.69	0.78	0.03	11.74	0.12	0.01	0.03	0.00	0.15	8.76	0.18	99.32	366	64	133
26 / 1 .	0.00	0.26	30.96	1.61	0.91	11.85	27.17	3.20	2.02	1.20	0.07	12.36	0.28	0.02	0.05	0.00	0.11	7.80	0.46	100.31	277	64	95
27 / 1 .	0.00	0.34	30.26	1.05	1.37	13.34	28.32	3.14	1.74	1.12	0.09	11.62	0.36	0.03	0.09	0.00	0.13	6.16	0.31	99.48	427	84	123
28 / 1 .	0.00	0.15	31.06	1.19	1.03	12.50	27.90	3.29	1.97	1.21	0.08	12.76	0.27	0.00	0.06	0.00	0.12	6.19	0.27	100.07	384	84	120
29 / 1 .	0.00	0.21	31.42	1.49	0.90	12.34	26.93	3.08	2.01	1.25	0.09	12.15	0.31	0.01	0.05	0.00	0.12	7.17	0.42	99.95	330	70	47
30 / 1 .	0.00	0.32	31.05	1.74	1.03	11.84	26.27	3.08	1.88	1.08	0.09	11.65	0.26	0.02	0.06	0.00	0.17	9.45	0.40	100.37	372	56	51
31 / 1 .	0.05	0.84	30.78	1.50	0.68	12.56	27.14	3.08	1.57	0.87	0.04	11.53	0.18	0.01	0.03	0.00	0.16	9.06	0.20	100.28	376	62	92
32 / 1 .	0.00	0.26	31.07	1.74	0.68	12.42	27.11	3.11	1.82	1.01	0.05	11.75	0.22	0.00	0.04	0.00	0.14	8.26	0.37	100.06	346	63	142
33 / 1 .	0.00	0.15	31.76	1.65	2.36	11.32	25.48	3.09	2.10	1.49	0.14	12.06	0.55	0.05	0.15	0.00	0.18	6.66	1.20	100.41	402	58	145
34 / 1 .	0.00	0.36	30.99	1.88	1.09	11.31	26.23	3.12	1.98	1.16	0.09	11.76	0.27	0.01	0.07	0.00	0.16	9.04	0.28	99.80	389	60	151
35 / 1 .	0.00	0.30	31.28	1.83	1.53	11.10	25.62	3.01	2.07	1.34	0.11	11.75	0.42	0.03	0.09	0.00	0.14	9.07	0.47	100.14	311	57	N
36 / 1 .	0.00	0.30	30.06	1.95	1.51	10.85	25.54	2.99	1.95	1.24	0.09	11.42	0.38	0.06	0.09	0.00	0.16	8.60	0.41	97.60	374	60	59-1
37 / 1 .	0.00	0.24	31.47	1.55	0.75	12.20	27.17	3.13	1.92	1.08	0.09	11.85	0.25	0.03	0.04	0.00	0.12	7.64	0.38	99.90	329	67	59-2
38 / 1 .	0.00	0.42	31.34	2.41	1.06	9.86	24.91	2.99	2.03	1.17	0.10	11.64	0.29	0.04	0.05	0.00	0.19	10.61	0.29	99.38	387	53	57
39 / 1 .	0.00	0.19	31.54	1.67	0.90	12.28	26.82	3.01	1.95	1.19	0.08	11.54	0.33	0.01	0.05	0.00	0.13	8.09	0.50	100.29	320	61	89
40 / 1 .	0.00	0.24	31.15	1.69	1.55	10.91	25.61	3.07	2.06	1.31	0.11	12.11	0.38	0.04	0.09	0.00	0.14	8.31	0.39	99.15	333	63	54

7.2.3 APL 15 (1)

Point	Al2O3	SiO2	P2O5	CaO	FeO	Y2O3	La2O3	Ce2O3	SmO	Tb2O3	Dy2O3	Pr2O3	Nd2O3	Gd2O3	Ho2O3	PbO	ThO2	UO2	Total	Age (Ma)	error	Comment
17/1.	0.00	0.27	28.99	1.22	0.03	0.78	13.21	30.50	1.52	0.04	0.19	3.23	11.87	0.85	0.00	0.17	6.97	0.25	100.10	507.00	61	APL-15-1
27/1.	0.00	0.39	28.89	1.67	0.00	0.97	12.49	28.92	1.70	0.03	0.28	3.13	11.66	1.08	0.01	0.16	7.72	0.31	99.39	436.00	54	APL-15-1
37/1.	0.12	0.68	29.01	2.41	0.24	1.46	12.18	27.52	1.74	0.09	0.36	3.02	11.49	1.15	0.02	0.18	8.31	0.57	100.54	416.00	48	APL-15-1
47/1.	0.00	0.20	29.13	1.08	0.08	1.01	14.48	30.92	1.56	0.07	0.28	3.21	11.56	1.03	0.00	0.14	5.49	0.19	100.42	548.00	75	APL-15-1
57/1.	0.00	0.31	29.26	1.96	0.03	1.49	10.75	27.21	1.95	0.09	0.41	3.06	11.74	1.32	0.00	0.18	9.17	0.57	99.49	391.00	44	APL-15-1
67/1.	0.00	0.26	29.09	2.04	0.00	1.03	11.37	28.17	1.73	0.08	0.29	3.07	11.35	0.99	0.02	0.21	8.43	1.53	99.66	377.00	38	APL-15-1
77/1.	0.00	0.25	29.28	1.64	0.04	0.91	12.16	29.01	1.83	0.09	0.28	3.15	11.89	1.15	0.00	0.17	7.35	0.35	99.52	460.00	56	APL-15-1
87/1.	0.00	0.29	29.27	1.71	0.00	0.95	11.85	28.78	1.85	0.08	0.26	3.22	12.18	1.11	0.00	0.16	8.23	0.36	100.31	412.00	50	APL-15-1
97/1.	0.00	0.29	29.27	1.76	0.12	1.06	12.38	28.47	1.86	0.11	0.34	3.09	11.67	1.18	0.01	0.15	7.03	0.31	99.10	442.00	57	APL-15-1
117/1.	0.00	0.19	29.43	1.57	0.10	1.43	11.91	28.44	1.91	0.09	0.42	3.15	11.88	1.32	0.03	0.17	7.08	0.70	99.81	437.00	51	APL-15-1
137/1.	0.00	0.24	29.32	1.67	0.09	0.90	12.25	29.47	1.73	0.06	0.27	3.10	11.57	1.12	0.00	0.16	7.08	0.31	99.34	468.00	58	APL-15-1
147/1.	0.00	0.22	29.19	1.45	0.01	0.54	12.78	29.73	1.84	0.06	0.16	3.25	12.33	1.06	0.00	0.16	6.86	0.33	99.96	467.00	58	APL-15-1
157/1.	0.00	0.31	30.86	1.37	0.03	0.77	12.46	29.53	1.75	0.07	0.22	3.19	12.13	1.00	0.03	0.16	6.25	0.26	100.38	518.00	66	APL-15-1
167/1.	0.00	0.26	29.27	1.79	0.00	1.49	11.14	27.67	1.98	0.10	0.43	3.11	11.93	1.32	0.03	0.18	7.38	1.15	99.22	378.00	43	APL-15-1
177/1.	0.01	0.33	29.31	1.61	0.00	1.46	11.76	28.61	1.89	0.11	0.40	3.14	11.75	1.24	0.00	0.17	7.10	0.58	99.46	436.00	52	APL-15-1
187/1.	0.04	0.40	28.95	1.72	0.13	1.63	11.80	27.70	1.92	0.17	0.45	3.09	11.81	1.40	0.02	0.21	6.52	1.75	99.72	400.00	41	APL-15-1
197/1.	0.00	0.33	28.10	1.77	0.01	0.93	12.17	28.75	1.75	0.08	0.27	3.10	11.45	1.12	0.00	0.16	7.20	0.31	97.52	456.00	57	APL-15-1
207/1.	0.05	0.31	29.17	1.58	0.33	0.76	12.52	29.24	1.74	0.08	0.23	3.13	11.73	1.06	0.00	0.19	9.87	0.63	102.62	382.00	41	APL-15-1
217/1.	0.02	0.27	29.27	1.87	0.00	1.20	11.62	28.11	1.85	0.11	0.34	3.10	11.54	1.18	0.00	0.19	9.52	0.77	100.93	377.00	41	APL-15-1
227/1.	0.00	0.25	29.24	1.45	0.15	1.25	12.32	29.11	1.72	0.09	0.31	3.13	12.13	1.15	0.03	0.16	7.28	0.30	100.07	448.00	56	APL-15-1
237/1.	0.00	0.24	29.44	1.57	0.04	0.52	12.69	29.72	1.68	0.06	0.18	3.10	11.90	0.93	0.00	0.17	7.78	0.33	100.37	449.00	53	APL-15-1
247/1.	0.00	0.22	29.34	1.62	0.18	1.17	12.59	30.17	1.83	0.07	0.33	3.13	11.90	1.18	0.03	0.15	6.58	0.35	100.83	449.00	59	APL-15-1
257/1.	0.00	0.26	29.16	1.78	0.01	1.17	11.37	28.01	1.88	0.10	0.33	3.14	11.92	1.19	0.00	0.18	9.10	0.61	100.19	390.00	43	APL-15-1
267/1.	0.03	0.29	29.30	1.50	0.12	1.14	12.62	29.37	1.73	0.11	0.29	3.14	11.68	1.12	0.00	0.17	7.80	0.34	100.74	456.00	54	APL-15-1
277/1.	0.00	0.08	29.57	1.42	0.00	2.40	12.65	28.72	1.83	0.13	0.60	2.99	11.31	1.42	0.04	0.16	5.11	0.82	99.24	490.00	60	APL-15-1
287/1.	0.00	0.24	29.05	2.12	0.00	1.66	11.08	27.65	1.95	0.08	0.45	3.00	11.83	1.34	0.00	0.19	9.41	0.77	100.82	371.00	41	APL-15-1
297/1.	0.05	0.36	29.01	1.46	0.00	1.05	12.72	29.22	1.76	0.10	0.29	3.08	11.52	1.11	0.00	0.18	8.28	0.60	100.76	416.00	47	APL-15-1
307/1.	0.00	0.29	29.09	1.51	0.18	0.51	12.48	29.56	1.71	0.08	0.17	3.15	11.84	0.95	0.00	0.16	7.02	0.29	99.00	468.00	59	APL-15-1
317/1.	0.13	1.08	29.02	1.78	0.00	0.40	12.71	29.28	1.54	0.05	0.15	3.08	11.41	0.83	0.01	0.18	8.90	0.37	100.94	412.00	47	APL-15-1
337/1.	0.00	0.24	29.44	1.87	0.41	1.66	11.13	27.30	1.92	0.13	0.44	3.02	11.39	1.33	0.01	0.17	9.70	0.63	100.81	351.00	41	APL-15-1
347/1.	0.12	0.51	29.05	1.55	0.57	0.71	12.00	28.19	1.78	0.07	0.18	3.18	12.38	0.99	0.00	0.18	9.03	0.26	100.73	418.00	49	APL-15-1
357/1.	0.00	0.37	28.99	0.94	0.07	1.05	14.62	31.15	1.47	0.09	0.28	3.08	11.20	0.98	0.03	0.14	5.41	0.11	99.96	555.00	80	APL-15-1
367/1.	0.00	0.49	28.92	1.30	0.29	0.93	13.12	29.68	1.65	0.07	0.27	3.06	11.49	1.01	0.00	0.16	8.01	0.42	100.88	402.00	50	APL-15-1
377/1.	0.00	0.29	29.25	2.00	0.05	0.88	11.49	28.28	1.70	0.07	0.22	3.11	11.68	0.90	0.00	0.20	9.00	1.20	100.31	363.00	38	APL-15-1
387/1.	0.18	0.97	28.94	1.94	0.09	2.02	11.05	26.38	1.94	0.11	0.42	2.96	11.44	1.38	0.02	0.21	10.06	0.80	100.92	394.00	41	APL-15-1
397/1.	0.02	0.42	29.48	1.76	0.00	1.00	11.71	28.59	1.83	0.07	0.25	3.14	11.93	1.07	0.01	0.18	8.07	0.33	99.84	452.00	53	APL-15-1
407/1.	0.00	1.20	28.98	1.89	0.01	1.36	12.08	28.75	1.83	0.12	0.35	3.13	11.89	1.22	0.02	0.16	7.38	0.40	100.76	432.00	54	APL-15-1
427/1.	0.22	0.36	29.91	1.28	0.13	1.34	13.52	29.99	1.74	0.10	0.38	3.05	11.27	1.18	0.03	0.17	3.69	1.34	99.69	489.00	58	APL-15-1
437/1.	0.03	2.02	26.50	1.36	0.56	0.55	11.24	28.64	2.13	0.11	0.23	3.25	12.27	1.31	0.00	0.16	6.50	0.40	97.27	478.00	61	APL-15-1
447/1.	0.00	1.12	29.63	1.75	0.00	2.48	10.84	26.95	2.16	0.15	0.62	3.14	12.15	1.62	0.08	0.23	5.78	2.51	100.20	393.00	38	APL-15-1
457/1.	0.00	0.25	29.51	1.57	0.19	1.18	11.85	29.11	1.83	0.09	0.33	3.20	12.01	1.12	0.01	0.16	5.56	0.30	98.26	567.00	61	APL-15-1
467/1.	0.06	0.46	29.42	1.46	0.00	0.77	12.37	29.61	1.69	0.08	0.22	3.22	12.36	0.96	0.00	0.16	6.40	0.19	99.42	525.00	67	APL-15-1
477/1.	0.08	0.43	29.44	1.60	0.00	0.86	12.28	28.50	1.81	0.08	0.25	3.17	11.80	1.17	0.00	0.18	8.16	0.43	100.22	434.00	50	APL-15-1
487/1.	0.00	0.27	29.19	1.78	0.00	1.07	11.65	28.37	1.90	0.09	0.32	3.15	11.87	1.22	0.02	0.18	8.83	0.58	100.49	398.00	45	APL-15-1
497/1.	0.10	0.48	29.14	2.10	0.06	1.12	10.98	27.53	1.76	0.07	0.32	3.09	11.34	1.05	0.00	0.20	9.52	0.75	99.61	398.00	41	APL-15-1
507/1.	0.00	0.21	29.34	1.60	0.08	1.14	12.24	29.22	1.81	0.08	0.33	3.18	11.80	1.18	0.03	0.18	8.00	0.57	100.99	430.00	49	APL-15-1
517/1.	0.00	0.21	29.61	1.22	0.04	0.52	13.33	30.40	1.81	0.08	0.18	3.21	12.46	1.09	0.00	0.14	5.39	0.24	99.92	550.00	74	APL-15-1
527/1.	0.00	0.28	29.31	1.81	0.01	0.71	12.27	28.66	1.75	0.12	0.25	3.22	11.94	1.03	0.00	0.20	8.21	0.80	100.58	430.00	46	APL-15-1

7.2.4 APL 15 (2)

DataSet/P	P2O5	Al2O3	SiO2	CaO	Y2O3	La2O3	Ce2O3	Pr2O3	Nd2O3	Sm2O3	Gd2O3	Tb2O3	Dy2O3	Ho2O3	Er2O3	Yb2O3	PbO	ThO2	U2O3	Total	Age (Ma)	Age err	Comme
1/1.	30.03	0.00	0.26	1.35	1.38	11.89	26.47	3.16	13.18	1.98	1.19	0.10	0.37	0.02	0.08	0.00	0.12	8.77	0.61	100.95	252	72	79
2/1.	29.76	0.00	0.30	1.51	0.50	12.31	27.03	3.07	12.81	1.74	0.86	0.04	0.14	0.00	0.02	0.00	0.13	10.12	0.17	100.53	292	69	31
3/1.	30.12	0.00	0.27	1.18	0.99	12.43	28.10	3.19	13.25	1.78	0.94	0.06	0.26	0.01	0.06	0.00	0.09	8.02	0.09	100.84	252	89	31
4/1.	30.18	0.00	0.27	1.56	0.90	12.13	26.41	3.07	12.61	1.82	0.97	0.06	0.24	0.00	0.04	0.00	0.14	9.73	0.20	100.33	315	73	173
5/1.	30.90	0.00	0.05	0.98	2.81	12.79	26.08	3.17	13.40	2.39	1.82	0.16	0.68	0.03	0.15	0.00	0.08	4.88	0.51	100.89	302	120	29
6/1.	29.43	0.00	0.36	1.52	1.25	12.00	26.77	3.04	12.52	1.80	1.04	0.07	0.31	0.00	0.06	0.00	0.15	9.53	0.34	100.18	330	72	47
7/1.	30.11	0.00	0.28	1.59	0.57	12.28	26.61	3.10	12.72	1.80	0.87	0.05	0.15	0.00	0.02	0.00	0.14	9.87	0.18	100.32	307	73	163
9/1.	29.77	0.00	0.26	1.57	0.46	11.84	27.13	3.17	13.10	1.89	0.92	0.05	0.17	0.00	0.02	0.00	0.12	9.75	0.14	100.38	280	75	160
10/1.	30.63	0.00	0.16	1.13	0.82	12.48	27.39	3.24	13.95	2.27	1.37	0.09	0.29	0.00	0.04	0.00	0.10	6.40	0.22	100.59	348	110	160
11/1.	30.21	0.00	0.24	1.65	0.75	12.22	26.10	3.13	12.76	1.84	0.96	0.06	0.22	0.00	0.04	0.00	0.15	9.39	0.24	99.96	346	75	216
12/1.	30.22	0.00	0.26	1.76	1.49	11.58	25.95	2.98	12.49	1.98	1.15	0.10	0.34	0.03	0.09	0.00	0.17	8.99	0.78	100.36	348	68	216
13/1.	29.61	0.00	0.19	1.79	1.95	10.22	25.09	3.06	12.89	2.21	1.33	0.11	0.48	0.03	0.11	0.00	0.18	10.01	0.75	100.01	337	61	212
14/1.	29.62	0.00	0.19	1.72	2.00	10.50	25.38	3.04	12.84	2.19	1.31	0.10	0.44	0.02	0.12	0.00	0.18	9.57	0.81	100.03	346	64	212
15/1.	30.00	0.00	0.23	1.44	1.57	11.58	28.01	3.06	12.39	1.87	1.07	0.09	0.35	0.00	0.09	0.00	0.11	7.67	0.53	100.08	273	83	257
16/1.	29.84	0.00	0.27	1.61	0.67	11.66	26.58	3.01	12.69	1.86	0.96	0.04	0.21	0.00	0.02	0.00	0.15	10.49	0.21	100.27	306	69	317
17/1.	30.11	0.04	0.28	1.74	1.68	11.01	25.84	2.98	12.44	1.99	1.18	0.11	0.40	0.03	0.10	0.00	0.17	9.27	1.05	100.43	308	60	202
18/1.	30.39	0.00	0.25	1.04	0.89	14.45	28.71	3.05	11.92	1.55	0.84	0.05	0.21	0.00	0.05	0.00	0.10	6.74	0.11	100.36	324	110	330
21/1.	30.45	0.00	0.26	1.89	1.87	10.45	27.10	2.95	12.29	2.03	1.22	0.09	0.43	0.00	0.07	0.00	0.13	8.63	0.12	99.98	347	83	460
22/1.	29.75	0.00	0.23	1.75	1.87	10.82	25.27	2.95	12.32	2.03	1.20	0.09	0.42	0.01	0.09	0.00	0.16	9.70	0.50	99.16	335	68	460
23/1.	28.93	0.01	0.23	2.00	1.39	9.84	25.72	2.97	12.40	2.29	1.39	0.09	0.43	0.00	0.04	0.00	0.18	10.75	0.82	99.46	314	57	464
24/1.	29.09	0.01	0.66	1.30	1.98	11.63	26.21	2.97	12.11	1.85	1.18	0.09	0.46	0.05	0.12	0.00	0.15	9.05	0.77	99.67	308	68	468
25/1.	29.83	0.00	0.32	1.29	1.72	13.47	27.14	2.81	11.17	1.63	1.02	0.10	0.38	0.02	0.09	0.00	0.14	8.71	0.42	100.25	317	75	471
26/1.	29.52	0.00	0.26	1.21	1.76	13.46	27.53	2.93	11.67	1.68	1.02	0.09	0.38	0.02	0.09	0.00	0.13	7.96	0.49	100.20	309	79	474
27/1.	29.25	0.05	0.38	1.44	0.83	12.80	27.67	2.99	12.04	1.66	0.87	0.05	0.21	0.01	0.04	0.00	0.14	8.93	0.17	99.53	340	79	476
28/1.	29.41	0.00	0.43	1.33	2.60	10.60	26.36	3.07	12.70	2.02	1.30	0.12	0.53	0.01	0.15	0.00	0.11	8.93	0.25	99.92	263	79	476
29/1.	30.36	0.00	0.30	1.59	0.92	11.31	26.22	2.98	12.75	1.90	0.98	0.06	0.25	0.00	0.05	0.00	0.14	10.81	0.18	100.83	290	64	481
30/1.	30.34	0.00	0.24	1.56	1.22	11.09	26.38	3.08	13.03	1.94	1.02	0.09	0.29	0.01	0.06	0.00	0.13	9.42	0.51	100.40	283	70	479
31/1.	30.44	0.01	0.30	1.54	0.77	12.13	27.02	3.02	12.65	1.87	0.97	0.06	0.22	0.00	0.03	0.00	0.13	9.24	0.21	100.60	301	75	430
32/1.	29.80	0.00	0.30	1.42	0.82	12.05	27.92	3.14	12.77	1.71	0.85	0.06	0.21	0.00	0.04	0.00	0.13	9.00	0.16	100.38	333	78	435
33/1.	29.02	0.00	0.26	1.63	1.13	11.54	26.52	3.03	12.43	1.95	1.05	0.07	0.29	0.00	0.06	0.00	0.17	9.65	0.55	99.35	351	68	433
34/1.	29.29	0.00	0.29	1.54	1.04	12.09	26.70	2.98	12.02	1.79	0.98	0.06	0.27	0.00	0.05	0.00	0.15	9.70	0.43	99.39	308	70	367
35/1.	30.03	0.42	1.40	1.09	1.82	14.12	26.89	2.85	10.89	1.59	1.02	0.08	0.42	0.03	0.10	0.00	0.11	7.36	0.38	100.58	295	90	310
36/1.	29.32	0.00	0.29	1.64	0.86	12.29	26.88	3.02	12.25	1.74	0.88	0.05	0.20	0.00	0.05	0.00	0.13	9.79	0.09	99.50	312	73	370
37/1.	28.89	0.00	0.32	1.97	0.86	11.37	26.35	3.02	12.26	1.89	1.01	0.06	0.25	0.01	0.04	0.00	0.16	11.05	0.23	99.73	329	65	372
38/1.	30.89	0.00	0.04	1.15	2.93	12.72	26.02	3.01	12.52	2.09	1.59	0.16	0.72	0.05	0.18	0.00	0.09	5.54	0.74	100.44	274	96	428
39/1.	30.84	0.00	0.21	1.82	2.11	10.09	24.46	2.96	12.51	2.13	1.34	0.12	0.51	0.04	0.12	0.00	0.18	9.88	1.04	100.36	313	57	377
40/1.	30.92	0.00	0.15	1.67	2.32	10.61	24.96	2.99	12.65	2.17	1.35	0.11	0.54	0.03	0.13	0.00	0.16	8.62	1.29	100.69	296	60	377
41/1.	29.66	0.00	0.23	1.39	1.21	12.40	27.60	3.14	12.82	1.82	0.94	0.07	0.28	0.00	0.06	0.00	0.12	8.44	0.34	100.51	298	81	375
42/1.	30.64	0.00	0.21	1.10	0.88	12.68	27.50	3.29	13.58	1.87	0.96	0.05	0.22	0.00	0.04	0.00	0.10	7.00	0.15	100.27	329	103	303
43/1.	30.57	0.00	0.23	1.31	0.72	12.50	26.90	3.22	13.31	1.86	0.95	0.05	0.18	0.00	0.02	0.00	0.11	8.17	0.15	100.25	308	87	303
44/1.	29.40	0.00	0.32	1.78	2.02	10.59	26.40	2.98	12.34	2.08	1.28	0.11	0.51	0.01	0.12	0.00	0.18	9.37	1.17	100.65	314	59	301
45/1.	29.60	0.19	0.83	1.90	2.45	10.10	24.94	2.85	11.85	2.06	1.34	0.14	0.56	0.03	0.14	0.00	0.19	10.05	1.24	100.44	311	54	305
46/1.	30.04	0.00	0.42	1.09	0.77	13.79	28.62	3.08	12.18	1.56	0.81	0.03	0.17	0.00	0.05	0.00	0.10	7.91	0.02	100.62	282	96	299
47/1.	29.78	0.02	0.30	1.45	0.67	12.30	27.68	3.15	12.75	1.73	0.82	0.05	0.18	0.00	0.03	0.00	0.13	8.99	0.16	100.18	316	78	295
48/1.	29.25	0.00	0.23	2.14	1.40	11.14	25.91	3.02	12.50	1.97	1.12	0.07	0.34	0.01	0.07	0.00	0.16	10.22	0.53	100.09	314	64	290
49/1.	29.12	0.06	0.52	1.79	0.88	11.53	27.05	2.98	12.18	1.82	0.95	0.07	0.25	0.00	0.05	0.00	0.16	10.91	0.13	100.44	328	67	288
50/1.	29.67	0.00	0.14	1.77	2.44	10.63	24.75	2.96	12.38	2.16	1.40	0.13	0.57	0.03	0.15	0.00	0.18	9.17	1.50	100.03	304	56	293

## 8 Anexo II

### 8.1 Tablas reportadas por EMPA Dating

#### 8.1.1 APL 14

	Age	Error	U	Error	U	Th	Error	Error	Pb	Error	Error	U*(U)	Error	Error	U*(Th)	Error	Error	U/Pb	Error	Error	Th/Pb	Error	Th/Pb	Corr
	Ma	Age	ppm	U	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	%	%
A1	433	51	4120	3,64	150	67922	2,0	1358	1579	9,50	150	207,66	81434	2,27	1850	24831	2,27	564	2,61	13,14	43,02	11,50	0,91	
A2	384	37	8175	2,00	163	88936	2,0	1779	1984	7,56	150	207,63	115645	2,00	2313	35396	2,00	708	4,12	9,56	44,83	9,56	0,93	
A3	533	61	4149	3,62	150	54839	2,0	1097	1640	9,15	150	207,59	68553	2,32	1593	20740	2,32	482	2,53	12,76	33,44	11,15	0,91	
A4	411	42	8802	2,00	176	70717	2,0	1414	1827	8,21	150	207,42	99534	2,00	1991	30402	2,00	608	4,82	10,21	38,71	10,21	0,94	
A5	519	48	10810	2,00	216	54542	2,0	1091	2097	7,15	150	207,21	90234	2,00	1805	27329	2,00	547	5,15	9,15	26,01	9,15	0,93	
A6	426	43	3876	3,87	150	87434	2,0	1749	1908	7,86	150	207,73	100138	2,24	2240	30552	2,24	684	2,03	11,73	45,82	9,86	0,87	
A7	399	59	1529	9,81	150	63813	2,0	1276	1229	12,21	150	207,84	68814	2,57	1767	21038	2,57	540	1,24	22,02	51,92	14,21	0,77	
A8	516	63	2175	6,90	150	60116	2,0	1202	1559	9,62	150	207,77	67296	2,52	1697	20387	2,52	514	1,40	16,52	38,56	11,62	0,80	
A9	6726	3018	387	38,76	150	0	100,0	0	2457	6,11	150	206,73	6985	38,76	2707	387	38,76	150	0,16	44,86	0,00	100,00	0,01	
A10	424	42	12989	2,00	260	56492	2,0	1130	1876	8,00	150	207,14	99061	2,00	1981	30226	2,00	605	6,92	10,00	30,11	10,00	0,94	
A11	420	43	7418	2,02	150	71526	2,0	1431	1799	8,34	150	207,49	95829	2,01	1922	29250	2,01	587	4,12	10,36	39,76	10,34	0,95	
A12	390	37	18119	2,00	362	57290	2,0	1146	2024	7,41	150	206,99	116514	2,00	2330	35646	2,00	713	8,95	9,41	28,31	9,41	0,93	
A13	382	38	10114	2,00	202	79116	2,0	1582	1915	7,83	150	207,41	112156	2,00	2243	34332	2,00	687	5,28	9,83	41,31	9,83	0,94	
A14	473	58	3369	4,45	150	60250	2,0	1205	1513	9,91	150	207,68	71333	2,38	1698	21683	2,38	516	2,23	14,37	39,82	11,91	0,89	
A15	371	38	9414	2,00	188	78700	2,0	1574	1814	8,27	150	207,43	109427	2,00	2189	33526	2,00	671	5,19	10,27	43,38	10,27	0,94	
A16	350	38	5163	2,91	150	93945	2,0	1879	1733	8,66	150	207,68	110770	2,14	2368	33992	2,14	727	2,98	11,56	54,21	10,66	0,92	
A17	526	69	1750	8,57	150	54730	2,0	1095	1428	10,50	150	207,79	60511	2,63	1590	18318	2,63	481	1,23	19,08	38,33	12,50	0,76	
A18	495	59	2358	6,36	150	64244	2,0	1285	1598	9,39	150	207,77	72014	2,47	1779	21853	2,47	540	1,48	15,75	40,20	11,39	0,81	
A19	447	37	7709	2,00	154	94801	2,0	1896	2403	6,24	150	207,57	120110	2,00	2402	36584	2,00	732	3,21	8,24	39,45	8,24	0,91	
A20	425	49	3272	4,58	150	75119	2,0	1502	1634	9,18	150	207,74	85843	2,32	1994	26191	2,32	608	2,00	13,76	45,97	11,18	0,87	
A21	401	42	6841	2,19	150	75675	2,0	1513	1757	8,54	150	207,53	98055	2,04	2004	29973	2,04	613	3,89	10,73	43,07	10,54	0,94	
A22	#####	#####	3313	4,53	150	569	26,4	150	0	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
A23	369	37	13618	2,00	272	67854	2,0	1357	1848	8,12	150	207,21	112295	2,00	2246	34410	2,00	688	7,37	10,12	36,72	10,12	0,94	
A24	495	61	2056	7,30	150	62009	2,0	1240	1528	9,82	150	207,79	68785	2,52	1735	20872	2,52	526	1,35	17,11	40,58	11,82	0,79	
A25	565	72	1747	8,59	150	52853	2,0	1057	1488	10,08	150	207,79	58642	2,65	1554	17697	2,65	469	1,17	18,67	35,52	12,08	0,75	
A26	459	55	2943	5,10	150	66382	2,0	1328	1563	9,60	150	207,73	76053	2,39	1821	23144	2,39	554	1,88	14,69	42,47	11,60	0,86	
A27	378	40	6961	2,15	150	80614	2,0	1612	1745	8,60	150	207,55	103346	2,03	2102	31646	2,03	644	3,99	10,75	46,20	10,60	0,94	
A28	440	44	12632	2,00	253	53974	2,0	1079	1876	8,00	150	207,13	95424	2,00	1908	29081	2,00	582	6,73	10,00	28,77	10,00	0,94	
A29	442	51	5467	2,74	150	62151	2,0	1243	1584	9,47	150	207,54	80093	2,17	1735	24405	2,17	529	3,45	12,21	39,24	11,47	0,94	
A30	427	50	4872	3,08	150	66565	2,0	1331	1577	9,51	150	207,60	82536	2,21	1823	25178	2,21	556	3,09	12,59	42,21	11,51	0,93	
A31	400	40	14373	2,00	287	58982	2,0	1180	1890	7,94	150	207,12	105998	2,00	2120	32404	2,00	648	7,60	9,94	31,21	9,94	0,94	
A32	305	29	9874	2,00	197	117095	2,0	2342	2027	7,40	150	207,56	149161	2,00	2983	45931	2,00	919	4,87	9,40	57,77	9,40	0,93	
A33	464	49	8070	2,00	161	57249	2,0	1145	1738	8,63	150	207,36	83778	2,00	1676	25485	2,00	510	4,64	10,63	32,94	10,63	0,95	
A34	381	39	9857	2,00	197	76162	2,0	1523	1843	8,14	150	207,40	108359	2,00	2167	33174	2,00	663	5,35	10,14	41,33	10,14	0,94	
A35	433	52	2636	5,69	150	71233	2,0	1425	1550	9,68	150	207,77	79878	2,40	1917	24356	2,40	584	1,70	15,37	45,96	11,68	0,84	
A36	438	43	11846	2,00	237	59774	2,0	1195	1931	7,77	150	207,21	98639	2,00	1973	30065	2,00	601	6,13	9,77	30,95	9,77	0,94	
A37	388	38	14942	2,00	299	63185	2,0	1264	1938	7,74	150	207,13	112018	2,00	2240	34276	2,00	686	7,71	9,74	32,60	9,74	0,94	
A38	435	47	4856	3,09	150	73867	2,0	1477	1747	8,59	150	207,63	89794	2,19	1969	27377	2,19	600	2,78	11,68	42,28	10,59	0,92	
A39	449	46	11425	2,00	228	53685	2,0	1074	1829	8,20	150	207,18	91200	2,00	1824	27775	2,00	555	6,25	10,20	29,35	10,20	0,94	
A40	453	52	2489	6,03	150	72625	2,0	1452	1641	9,14	150	207,78	80801	2,41	1945	24599	2,41	592	1,52	15,17	44,26	11,14	0,82	
A41	413	43	6680	2,25	150	75186	2,0	1504	1794	8,36	150	207,54	97060	2,06	1995	29641	2,06	609	3,72	10,61	41,91	10,36	0,94	
A42	434	51	2113	7,10	150	74790	2,0	1496	1589	9,44	150	207,81	81720	2,43	1988	24916	2,43	606	1,33	16,54	47,07	11,44	0,78	
A43	####	#####	25201	2,00	504	43	100,0	43	0	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
A44	436	47	12328	2,00	247	47629	2,0	953	1713	8,76	150	207,09	88068	2,00	1761	26848	2,00	537	7,20	10,76	27,80	10,76	0,95	
A45	411	39	15104	2,00	302	59952	2,0	1199	2006	7,48	150	207,10	109402	2,00	2188	33416	2,00	668	7,53	9,48	29,89	9,48	0,93	
A46	597	40	6242	2,40	150	98258	2,0	1965	3190	4,70	150	207,64	118995	2,07	2463	35819	2,07	742	1,96	7,11	30,80	6,70	0,82	
A47	399	39	8241	2,00	165	81221	2,0	1624	1929	7,78	150	207,49	108177	2,00	2164	33072	2,00	661	4,27	9,78	42,11	9,78	0,94	
A48	400	39	11330	2,00	227	70069	2,0	1401	1914	7,84	150	207,31	107132	2,00	2143	32750	2,00	655	5,92	9,84	36,61	9,84	0,94	
A49	478	53	4309	3,48	150	65235	2,0	1305	1699	8,83	150	207,63	79416	2,26	1798	24132	2,26	546	2,54	12,31	38,40	10,83	0,91	
A50	518	61	2344	6,40	150	61200	2,0	1224	1602	9,36	150	207,76	68938	2,49	1719	20882	2,49	521	1,46	15,76	38,20	11,36	0,81	
A51	407	39	13141	2,00	263	64566	2,0	1291	1955	7,67	150	207,20	107576	2,00	2152	32868	2,00	657	6,72	9,67	33,03	9,67	0,94	
A52	454	44	13325	2,00	266	52588	2,0	1052	1953	7,68	150	207,10	96358	2,00	1927	29334	2,00	587	6,82	9,68	26,93	9,68	0,94	
A53	398	41	4724	3,18	150	87560	2,0	1751	1835	8,17	150	207,69	103011	2,18	2242	31495	2,18	685	2,57	11,35	47,72	10,17	0,91	
A54	425	39	15500	2,00	310	60247	2,0	1205	2108	7,12	150	207,09	111050	2,00	2221	33882	2,00	678	7,35	9,1				

8.1.2 APL 15

	Age Ma	Error Age Ma	U ppm	Error U %	Error U ppm	Th ppm	Error Th %	Error Th ppm	Pb ppm	Error Pb %	Error Pb ppm	MPb	Th*(U) ppm	Error Th* %	Error Th* ppm	U*(Th) ppm	Error U* %	Error U* ppm	U/Pb	Error U/Pb %	Th/Pb	Error Th/Pb %	Corr
S1	328	39	5895	2,54	150	84774	2,00	1695	1524	9,84	150	207,62	103952	2,10	2183	31953	2,10	671	3,868	12,39	55,63	11,84	0,949
S2	347	49	4140	3,62	150	67346	2,00	1347	1254	11,96	150	207,65	80834	2,27	1836	24811	2,27	563	3,301	15,58	53,70	13,96	0,944
S3	293	52	1428	10,50	150	70641	2,00	1413	986	15,21	150	207,86	75274	2,52	1900	23199	2,52	585	1,448	25,72	71,64	17,21	0,816
S4	315	27	24445	2,00	489	82587	2,00	1652	2268	6,61	150	207,02	162032	2,00	3241	49857	2,00	997	10,778	8,61	36,41	8,61	0,916
S5	332	52	2166	6,93	150	69714	2,00	1394	1137	13,19	150	207,80	76762	2,45	1882	23589	2,45	578	1,905	20,12	61,31	15,19	0,875
S6	317	57	739	20,30	150	66985	2,00	1340	983	15,26	150	207,91	69387	2,63	1827	21346	2,63	562	0,752	35,56	68,14	17,26	0,596
S7	334	57	1558	9,63	150	64808	2,00	1296	1043	14,38	150	207,84	69879	2,55	1784	21470	2,55	548	1,494	24,01	62,14	16,38	0,823
S8	305	57	2136	7,02	150	61159	2,00	1223	926	16,20	150	207,78	68096	2,51	1710	20969	2,51	527	2,307	23,22	66,05	18,20	0,911
S9	342	47	3279	4,57	150	75483	2,00	1510	1317	11,39	150	207,74	86162	2,32	1998	26457	2,32	614	2,490	15,96	57,31	13,39	0,914
S10	348	53	1765	8,50	150	69457	2,00	1389	1171	12,81	150	207,83	75208	2,50	1878	23082	2,50	576	1,507	21,31	59,31	14,81	0,823
S11	366	49	3978	3,77	150	69559	2,00	1391	1348	11,13	150	207,67	82537	2,28	1881	25299	2,28	576	2,951	14,90	51,60	13,13	0,932
S12	372	59	1519	9,87	150	63136	2,00	1263	1134	13,23	150	207,84	68094	2,57	1752	20861	2,57	537	1,340	23,10	55,68	15,23	0,792
S13	345	51	2986	5,02	150	69081	2,00	1382	1214	12,36	150	207,73	78808	2,37	1870	24194	2,37	574	2,460	17,38	56,90	14,36	0,914
S14	348	43	2839	5,28	150	86148	2,00	1723	1483	10,11	150	207,79	95398	2,32	2212	29280	2,32	679	1,914	15,40	58,09	12,11	0,870
S15	299	58	842	17,81	150	64866	2,00	1297	902	16,63	150	207,90	67599	2,64	1784	20825	2,64	550	0,933	34,44	71,91	18,63	0,677
S16	361	54	2735	5,48	150	64659	2,00	1293	1187	12,64	150	207,74	73579	2,42	1782	22561	2,42	547	2,304	18,12	54,47	14,64	0,906
S17	320	33	8075	2,00	161	98698	2,00	1974	1783	8,41	150	207,57	124952	2,00	2499	38432	2,00	769	4,529	10,41	55,36	10,41	0,947
S18	307	37	4437	3,38	150	96986	2,00	1940	1527	9,82	150	207,73	111398	2,18	2427	34296	2,18	747	2,906	13,20	63,51	11,82	0,927
S19	312	49	3072	4,88	150	70680	2,00	1414	1122	13,37	150	207,74	80662	2,36	1901	24825	2,36	585	2,738	18,25	62,99	15,37	0,929
S20	351	49	1662	9,03	150	76888	2,00	1538	1290	11,63	150	207,85	82304	2,46	2027	25256	2,46	622	1,288	20,65	59,60	13,63	0,779
S21	366	50	1667	9,00	150	76988	2,00	1540	1350	11,11	150	207,85	82427	2,46	2029	25263	2,46	622	1,235	20,11	57,03	13,11	0,765
S22	277	47	4165	3,60	150	68518	2,00	1370	1013	14,81	150	207,66	82016	2,26	1856	25308	2,26	573	4,112	18,41	67,64	16,81	0,963
S23	427	63	2807	5,34	150	54124	2,00	1082	1211	12,39	150	207,70	63326	2,49	1574	19318	2,49	480	2,318	17,73	44,69	14,39	0,906
S24	384	63	2440	6,15	150	54412	2,00	1088	1072	13,99	150	207,73	62384	2,53	1578	19094	2,53	483	2,276	20,14	50,76	15,99	0,906
S25	330	52	3795	3,95	150	63026	2,00	1261	1109	13,53	150	207,66	75373	2,32	1749	23166	2,32	537	3,422	17,48	56,83	15,53	0,950
S26	372	44	3620	4,14	150	83028	2,00	1661	1577	9,51	150	207,74	94844	2,27	2150	29056	2,27	659	2,295	13,66	52,65	11,51	0,897
S27	376	48	1833	8,18	150	79642	2,00	1593	1442	10,40	150	207,84	85627	2,43	2083	26224	2,43	638	1,271	18,59	55,23	12,40	0,772
S28	346	48	3379	4,44	150	72585	2,00	1452	1291	11,62	150	207,72	83592	2,32	1940	25661	2,32	596	2,617	16,06	56,22	13,62	0,921
S29	402	44	10911	2,00	218	58536	2,00	1171	1689	8,88	150	207,24	94232	2,00	1885	28803	2,00	576	6,460	10,88	34,66	10,88	0,952
S30	390	47	2500	6,00	150	79435	2,00	1589	1527	9,82	150	207,80	87606	2,37	2079	26803	2,37	631	1,637	15,82	52,02	11,82	0,836
S31	311	43	4246	3,53	150	79668	2,00	1593	1299	11,55	150	207,69	93464	2,23	2081	28766	2,23	640	3,269	15,08	61,33	13,55	0,942
S32	374	47	3762	3,99	150	75588	2,00	1512	1470	10,20	150	207,71	87870	2,28	2001	26915	2,28	613	2,559	14,19	51,42	12,20	0,914
S33	329	51	3426	4,38	150	67141	2,00	1343	1149	13,05	150	207,70	78287	2,34	1831	24063	2,34	563	2,982	17,43	58,43	15,05	0,937
S34	387	42	2597	5,78	150	93200	2,00	1864	1762	8,51	150	207,82	101687	2,32	2354	31116	2,32	720	1,474	14,29	52,89	10,51	0,806
S35	320	46	4508	3,33	150	71063	2,00	1421	1226	12,23	150	207,65	85720	2,23	1909	26364	2,23	587	3,677	15,56	57,96	14,23	0,952
S36	333	47	3523	4,26	150	73059	2,00	1461	1258	11,92	150	207,71	84525	2,31	1949	25971	2,31	599	2,800	16,18	58,08	13,92	0,929
S37	507	61	2182	6,87	150	61252	2,00	1225	1557	9,63	150	207,77	68449	2,51	1720	20751	2,51	521	1,401	16,51	39,34	11,63	0,797
S38	436	54	2720	5,51	150	67871	2,00	1357	1500	10,00	150	207,75	76794	2,41	1849	23410	2,41	564	1,813	15,51	45,25	12,00	0,859
S39	416	47	5019	2,99	150	72992	2,00	1460	1665	9,01	150	207,62	89431	2,18	1951	27305	2,18	596	3,014	12,00	43,84	11,01	0,927
S40	549	77	1643	9,13	150	48255	2,00	965	1323	11,34	150	207,78	53692	2,72	1462	16224	2,72	442	1,242	20,47	36,47	13,34	0,767
S41	391	43	5004	3,00	150	80576	2,00	1612	1695	8,85	150	207,65	96934	2,17	2102	29653	2,17	643	2,952	11,85	47,54	10,85	0,924
S42	378	36	13501	2,00	270	74092	2,00	1482	1990	7,54	150	207,25	118180	2,00	2364	36190	2,00	724	6,784	9,54	37,23	9,54	0,934
S43	460	56	3047	4,92	150	64564	2,00	1291	1536	9,77	150	207,72	74577	2,39	1784	22693	2,39	543	1,984	14,69	42,03	11,77	0,875
S44	412	50	3186	4,71	150	72310	2,00	1446	1525	9,84	150	207,73	82741	2,34	1937	25271	2,34	592	2,089	14,54	47,42	11,84	0,884
S45	442	58	2693	5,57	150	61793	2,00	1236	1398	10,73	150	207,73	70631	2,45	1728	21522	2,45	527	1,926	16,30	44,20	12,73	0,873
S46	437	50	6204	2,42	150	62250	2,00	1245	1613	9,30	150	207,50	82602	2,10	1737	25180	2,10	530	3,846	11,72	38,59	11,30	0,946
S47	469	58	2706	5,54	150	62193	2,00	1244	1493	10,05	150	207,73	71092	2,44	1737	21618	2,44	528	1,812	15,59	41,66	12,05	0,859
S48	467	59	2946	5,09	150	60327	2,00	1207	1466	10,23	150	207,71	70014	2,43	1700	21292	2,43	517	2,010	15,32	41,15	12,23	0,879
S49	518	67	2301	6,52	150	54887	2,00	1098	1453	10,32	150	207,74	62484	2,55	1593	18926	2,55	483	1,584	16,84	37,77	12,32	0,830
S50	378	42	10161	2,00	203	64865	2,00	1297	1654	9,07	150	207,32	98047	2,00	1961	30024	2,00	600	6,143	11,07	39,22	11,07	0,954
S51	436	52	5102	2,94	150	62391	2,00	1248	1545	9,71	150	207,57	79128	2,20	1740	24121	2,20	530	3,302	12,65	40,38	11,71	0,937
S52	400	39	15455	2,00	309	57310	2,00	1146	1924	7,80	150	207,07	107866	2,00	2157	32975	2,00	659	8,033	9,80	29,79	9,80	0,938
S53	456	57	2748	5,46	150	63271	2,00	1265	1477	10,16	150	207,74	72299	2,43	1758	22006	2,43	535	1,861	15,61	42,84	12,16	0,864
S54	382	40	5533	2,21	150	86727	2,00																

	Age	Error	U	Error	Error	Th	Error	Error	Pb	Error	Error	MPb	Th*(U)	Error	Error	U*(Th)	Error	Error	U/Pb	Error	Error	Error	Corr
	Ma	Age	ppm	U	U	ppm	Th	Th	ppm	Pb	Pb	ppm	ppm	Th*	Th*	ppm	U*	U*	U/Pb	U/Pb	Th/Pb	Th/Pb	Corr
		Ma	%	ppm	ppm	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	%	%	ppm	%	ppm	%	%	%	%	
S69	402	50	3723	4,03	150	70352	2,00	1407	1484	10,11	150	207,69	82532	2,30	1898	25226	2,30	580	2,509	14,14	47,41	12,11	0,911
S70	363	37	10591	2,00	212	79113	2,00	1582	1840	8,15	150	207,39	113659	2,00	2273	34845	2,00	697	5,756	10,15	43,00	10,15	0,943
S71	395	38	7048	2,13	150	88435	2,00	1769	1966	7,63	150	207,58	111481	2,03	2259	34094	2,03	691	3,585	9,76	44,98	9,63	0,932
S72	452	52	2898	5,18	150	70892	2,00	1418	1628	9,21	150	207,75	80410	2,38	1910	24483	2,38	582	1,780	14,39	43,55	11,21	0,852
S73	433	54	3491	4,30	150	64880	2,00	1298	1478	10,15	150	207,69	76328	2,34	1790	23275	2,34	546	2,362	14,45	43,90	12,15	0,903
S74	489	57	11850	2,00	237	32430	2,00	649	1560	9,62	150	206,92	71462	2,00	1429	21696	2,00	434	7,596	11,62	20,79	11,62	0,959
S75	478	60	3511	4,27	150	57139	2,00	1143	1470	10,20	150	207,65	68693	2,38	1636	20874	2,38	497	2,388	14,48	38,87	12,20	0,905
S76	393	35	22087	2,00	442	50765	2,00	1015	2153	6,97	150	206,84	122977	2,00	2460	37614	2,00	752	10,259	8,97	23,58	8,97	0,924
S77	567	72	2635	5,69	150	48858	2,00	977	1467	10,22	150	207,68	57591	2,56	1474	17377	2,56	445	1,796	15,92	33,30	12,22	0,857
S78	525	68	1679	8,93	150	56213	2,00	1124	1455	10,31	150	207,80	61759	2,62	1620	18697	2,62	490	1,154	19,24	38,63	12,31	0,742
S79	434	50	3784	3,96	150	71741	2,00	1435	1636	9,17	150	207,69	84152	2,29	1927	25657	2,29	587	2,313	13,13	43,85	11,17	0,897
S80	398	44	5135	2,92	150	77614	2,00	1552	1679	8,93	150	207,63	94409	2,16	2043	28866	2,16	625	3,058	11,86	46,23	10,93	0,928
S81	399	40	6588	2,28	150	83624	2,00	1672	1874	8,00	150	207,58	105172	2,06	2163	32155	2,06	661	3,515	10,28	44,62	10,00	0,933
S82	430	48	5033	2,98	150	70335	2,00	1407	1670	8,98	150	207,61	86837	2,19	1899	26485	2,19	579	3,014	11,96	42,12	10,98	0,926
S83	550	76	2137	7,02	150	47363	2,00	947	1344	11,16	150	207,73	54436	2,65	1444	16447	2,65	436	1,590	18,18	35,24	13,16	0,833
S84	430	44	7033	2,13	150	72151	2,00	1443	1831	8,19	150	207,51	95211	2,03	1935	29039	2,03	590	3,841	10,33	39,41	10,19	0,940
S85	253	41	5552	2,70	150	77067	2,00	1541	1069	14,03	150	207,61	95027	2,13	2027	29376	2,13	626	5,194	16,73	72,09	16,03	0,972
S86	292	43	1577	9,51	150	88923	2,00	1778	1228	12,21	150	207,87	94040	2,41	2265	28984	2,41	698	1,284	21,73	72,41	14,21	0,779
S87	252	52	835	17,96	150	70514	2,00	1410	824	18,20	150	207,91	73215	2,59	1895	22634	2,59	586	1,013	36,17	85,58	20,20	0,708
S88	115	44	1786	8,40	150	85502	2,00	1710	1285	11,67	150	207,85	91307	2,41	2198	28094	2,41	676	1,390	20,07	66,54	13,67	0,800
S89	302	65	4656	3,22	150	42889	2,00	858	782	19,18	150	207,47	58007	2,32	1345	17865	2,32	414	5,954	22,40	54,85	21,18	0,981
S90	330	43	3112	4,82	150	83773	2,00	1675	1384	10,84	150	207,77	93899	2,30	2164	28859	2,30	665	2,249	15,66	60,53	12,84	0,899
S91	307	44	1645	9,12	150	86756	2,00	1735	1264	11,87	150	207,86	92099	2,41	2222	28355	2,41	684	1,301	20,99	68,64	13,87	0,782
S92	280	44	1258	11,92	150	85723	2,00	1714	1122	13,37	150	207,89	89801	2,45	2201	27704	2,45	679	1,121	25,29	76,40	15,37	0,738
S93	348	62	1971	7,61	150	56275	2,00	1125	974	15,40	150	207,78	62697	2,57	1614	19243	2,57	495	2,024	23,01	57,78	17,40	0,889
S94	346	46	2217	6,77	150	82545	2,00	1651	1389	10,80	150	207,82	89767	2,38	2140	27555	2,38	657	1,596	17,57	59,43	12,80	0,833
S95	348	40	7105	2,11	150	78996	2,00	1580	1588	9,45	150	207,54	102146	2,03	2069	31350	2,03	635	4,474	11,56	49,75	11,45	0,955
S96	337	37	6822	2,20	150	87937	2,00	1759	1655	9,06	150	207,59	110145	2,04	2247	33835	2,04	690	4,122	11,26	53,13	11,06	0,949
S97	346	38	7375	2,03	150	84095	2,00	1682	1670	8,98	150	207,55	108120	2,01	2171	33189	2,01	666	4,416	11,02	50,36	10,98	0,952
S98	273	47	4837	3,10	150	67443	2,00	1349	1010	14,85	150	207,61	83113	2,21	1835	25655	2,21	566	4,789	17,95	66,78	16,85	0,970
S99	306	41	1946	7,71	150	92207	2,00	1844	1347	11,14	150	207,85	98527	2,37	2331	30336	2,37	718	1,445	18,84	68,45	13,14	0,809
S100	308	36	9522	2,00	190	81473	2,00	1629	1545	9,71	150	207,44	112404	2,00	2248	34603	2,00	692	6,163	11,71	52,73	11,71	0,959
	Age	Error	U	Error	Error	Th	Error	Error	Pb	Error	Error	MPb	Th*(U)	Error	Error	U*(Th)	Error	Error	U/Pb	Error	Error	Error	Corr
	Ma	Age	ppm	U	U	ppm	Th	Th	ppm	Pb	Pb	ppm	ppm	Th*	Th*	ppm	U*	U*	U/Pb	U/Pb	Th/Pb	Th/Pb	Corr
		Ma	%	ppm	ppm	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	%	%	ppm	%	ppm	%	%	%	%	
S101	324	62	1036	14,48	150	59237	2,00	1185	906	16,56	150	207,87	62606	2,67	1673	19250	2,67	514	1,143	31,04	65,38	18,56	0,747
S102	347	51	1128	13,30	150	75869	2,00	1517	1233	12,17	150	207,89	79544	2,52	2006	24416	2,52	616	0,915	25,46	61,53	14,17	0,666
S103	335	41	4508	3,33	150	85218	2,00	1704	1494	10,04	150	207,69	99891	2,19	2193	30689	2,19	674	3,017	13,37	57,04	12,04	0,931
S104	314	35	7403	2,03	150	94468	2,00	1889	1660	9,04	150	207,58	118526	2,01	2377	36472	2,01	731	4,460	11,06	56,91	11,04	0,953
S105	308	39	6980	2,15	150	79526	2,00	1591	1404	10,68	150	207,55	102199	2,03	2078	31462	2,03	640	4,972	12,83	56,64	12,68	0,964
S106	317	45	3796	3,95	150	76567	2,00	1531	1259	11,91	150	207,71	88906	2,27	2019	27351	2,27	621	3,015	15,87	60,82	13,91	0,936
S107	309	47	4468	3,36	150	69910	2,00	1398	1165	12,88	150	207,64	84425	2,23	1885	25988	2,23	580	3,835	16,23	60,01	14,88	0,956
S108	340	49	1504	9,97	150	78484	2,00	1570	1268	11,83	150	207,86	83381	2,47	2058	25607	2,47	632	1,186	21,80	61,90	13,83	0,754
S109	263	45	2261	6,63	150	78460	2,00	1569	1005	14,93	150	207,81	85779	2,40	2055	26498	2,40	635	2,250	21,56	78,07	16,93	0,906
S110	290	40	1600	9,38	150	95032	2,00	1901	1298	11,56	150	207,88	100222	2,38	2387	30895	2,38	736	1,233	20,93	73,21	13,56	0,765
S111	283	41	4606	3,26	150	82766	2,00	1655	1235	12,15	150	207,68	97700	2,19	2142	30133	2,19	661	3,730	15,40	67,02	14,15	0,953
S112	301	46	1938	7,74	150	81225	2,00	1624	1177	12,74	150	207,84	87517	2,41	2111	26956	2,41	650	1,647	20,48	69,01	14,74	0,844
S113	333	48	1417	10,59	150	79123	2,00	1582	1245	12,05	150	207,87	83734	2,47	2071	25730	2,47	636	1,138	22,63	63,55	14,05	0,741
S114	351	41	4953	3,03	150	84770	2,00	1695	1581	9,49	150	207,67	100911	2,16	2184	30965	2,16	670	3,133	12,52	53,62	11,49	0,932
S115	308	41	3903	3,84	150	85288	2,00	1706	1347	11,14	150	207,73	97966	2,24	2193	30159	2,24	675	2,898	14,98	63,32	13,14	0,930
S116	295	51	3480	4,31	150	64688	2,00	1294	1000	15,00	150	207,69	75981	2,34	1781	23414	2,34	549	3,480	19,31	64,69	17,00	0,953
S117	313	46	852	17,61	150	86073	2,00	1721	1241	12,09	150	207,92	88842	2,49	2209	27341	2,49	680	0,687	29,69	69,36	14,09	0,558
S118	329	40	2118	7,08	150	97071	2,00	1941	1527	9,82	150	207,85	103962	2,34	2429	31955	2,34	747	1,387	16,91	63,57	11,82	0,795
S119																							

## **9 Anexo III**

### **9.1 Mapa geológico de España, Escala 1:50000, Hoja 598 (Plasencia)**

