



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

***INVESTIGACIÓN DE MINERALES DENSOS  
GALICIA***

**INVESTIGACIONES GEOLÓGICO-MINERAS  
EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE OURENSE**

***A N E X O - I***

**1994**



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

11354

**INVESTIGACIONES GEOLÓGICO-MINERAS  
EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE OURENSE**

*ANEXO 1: ESTUDIO MINERALÓGICO*

---

*Este trabajo fue realizado por el Instituto Tecnológico Geominero de España (I.T.G.E), como trabajo por Administración.*

## **EQUIPO DE TRABAJO**

**Ángel Ferrero Arias** (geólogo, I.T.G.E.): Realización del trabajo.

**Martín Fernández González** (Doctor en Ciencias Químicas, I.T.G.E.): Análisis con microsonda electrónica y revisión crítica del trabajo.

## **Laboratorios**

**Lab. del I.T.G.E.:** Análisis con microsonda electrónica y DRX.

**Lab. del Dto. de Edaf. y Química Agrícola (U. Santiago):** DRX

## **Agradecimientos**

A los profesores Agustín Martín Izard (U. de Oviedo) y Felipe Macias y Carlota García Paz (U. de Santiago de Compostela), por sus orientaciones y apoyo.

## ÍNDICE DEL ANEXO

<b>OBJETIVOS Y TRABAJOS REALIZADOS</b> .....	7
<b><u>1. MATERIALES Y MÉTODOS</u></b> .....	9
<b><u>2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b> .....	21
2.1. RESUMEN .....	21
2.2. GRANATES .....	23
2.3. MINERALES SILICOALUMINOSOS .....	29
2.4. TURMALINA .....	32
2.5. MINERALES DE TITANIO .....	35
2.6. COLUMBITA-TANTALITA .....	43
2.7. MINERALES DE WOLFRAMIO .....	44
2.8. CASITERITA .....	45
2.9. COMPUESTOS DE HIERRO .....	47
2.10. MINERALES DE LAS TIERRAS RARAS .....	53
2.11. CIRCÓN .....	64
2.12. DIÓPSIDO-HEDENBERGITA .....	66
2.13. SERIE DE LAS ESPINELAS .....	67
2.14. TOPACIO .....	68
2.15. CUARZO .....	68
2.16. FELDESPATOS .....	69
2.17. MICAS .....	70
2.18. OTROS MINERALES DENSOS .....	79
<b><u>3. APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS</u></b> .....	80
<b><u>4. CONCLUSIONES</u></b> .....	96
<b><u>5. LÁMINAS</u></b> .....	97
<b><u>6. BIBLIOGRAFÍA</u></b> .....	118

**APÉNDICE: IDENTIFICACIÓN MINERALÓGICA POR DIFRACCIÓN DE RX**

## ÍNDICE PARA LA LOCALIZACIÓN DE FIGURAS

	págs.
Fig. 1: Ficha de control de análisis de granos minerales con microsonda electrónica . . . . .	18
Fig. 2: Espectro S-1742 (almandino) . . . . .	24
Fig. 3: Espectro S-1721 (almandino) . . . . .	24
Fig. 4: Espectro S-1728 (almandino) . . . . .	24
Fig. 5: Espectro S-1600 (almandino) . . . . .	25
Fig. 6: Espectro S-1544 (almandino) . . . . .	25
Fig. 7: Espectro S-1668 (grosularia) . . . . .	26
Fig. 8: Espectro S-1834 (grosularia) . . . . .	27
Fig. 9: Espectro S-1747 (grosularia) . . . . .	27
Fig. 10: Espectro S-1660 (sillimanita) . . . . .	31
Fig. 11: Espectro S-1486 (dravita) . . . . .	33
Fig. 12: Espectro S-1782 (chorlo) . . . . .	33
Fig. 13: Espectro S-1651 (ilmenita) . . . . .	35
Fig. 14: Espectro S-1646 (ilmenita) . . . . .	36
Fig. 15: Espectro S-1533 (ilmenita) . . . . .	36
Fig. 16: Espectro S-2026 (rutilo) . . . . .	38
Fig. 17: Espectro S-1469 (ilmenorutilo) . . . . .	38
Fig. 18: Espectro S-1770 (rutilo) . . . . .	39
Fig. 19: Espectro S-1436 (rutilo) . . . . .	39
Fig. 20: Espectro S-1679 (rutilo) . . . . .	39
Fig. 21: Espectro S-1671 (leucóxeno) . . . . .	39
Fig. 22: Espectro S-1406 (columbita-tantalita) . . . . .	43
Fig. 23: Espectro S-1474 (wolframita) . . . . .	44
Fig. 24: Espectro S-1700 (casiterita) . . . . .	46
Fig. 25: Espectro S-1562 (limonita) . . . . .	47
Fig. 26: Espectro S-1828 (hematites) . . . . .	49
Fig. 27: Espectro S-1842 (hematites) . . . . .	49
Fig. 28: Espectro S-1479 (pirita) . . . . .	49
Fig. 29: Distribución de elementos de tierras raras en un nódulo de monacita gris . . . . .	53
Fig. 30: Espectro S-1411 (monacita) . . . . .	56
Fig. 31: Espectro S-1412 (monacita) . . . . .	56
Fig. 32: Espectro S-1822 (monacita) . . . . .	57
Fig. 33: Espectro S-1440 (monacita) . . . . .	57
Fig. 34: Espectro S-1819 (monacita) . . . . .	58
Fig. 35: Espectro S-Espectro de dispersión de longitudes de onda de un grano de monacita amarilla . . . . .	62
Fig. 36: Espectro S-2029A (xenotima) . . . . .	63
Fig. 37: Espectro S-2029B (xenotima) . . . . .	63
Fig. 38: Espectro S-2022 (crocón) . . . . .	65
Fig. 39: Espectro S-1833 (diópsido) . . . . .	66
Fig. 40: Espectro S-1507 (espinela) . . . . .	67
Fig. 41: Espectro S-1791 (cuarzo) . . . . .	68
Fig. 42: Espectro S-1129 (feldespato) . . . . .	69
Fig. 43: Espectro S-1837 (biotita) . . . . .	71
Fig. 44: Espectro S-1756 (biotita) . . . . .	72
Fig. 45: Espectro S-1599 (biotita) . . . . .	72
Fig. 46: Espectro S-1189 (biotita) . . . . .	73
Fig. 47: Espectro S-1745 (clorita) . . . . .	75
Fig. 48: Espectro S-1677 (moscovita) . . . . .	76
Fig. 49: Espectro S-1794 (moscovita) . . . . .	76
Fig. 50: Espectro S-1753 (moscovita) . . . . .	77

## ÍNDICE PARA LA LOCALIZACIÓN DE TABLAS

págs.

Tabla 1: Líneas analíticas, posiciones de medida, cristales analizadores y detectores usados en el análisis de un grano de monacita por el método de dispersión de longitudes de onda . . . . .	19
Tabla 2: Minerales densos más frecuentes en los materiales del entorno geológico . . . . .	22
 <b>Tablas de resultados de análisis con microsonda electrónica por el método de dispersión de energías (notación elemental indicativa de abundancia relativa).</b>	
Tabla 3: Granates de la serie almandino-espesartina . . . . .	28
Tabla 4: Granates de la serie grosularia-andradita . . . . .	29
Tabla 5: Andalucita . . . . .	31
Tabla 6: Sillimanita . . . . .	32
Tabla 7: Turmalina . . . . .	34
Tabla 8: Ilmenita . . . . .	37
Tabla 9: Rutilo . . . . .	42
Tabla 10: Leucoxeno . . . . .	43
Tabla 11: Tantalita-columbita . . . . .	44
Tabla 12: Wolframita . . . . .	45
Tabla 13: Casiterita . . . . .	47
Tabla 14: Limonita . . . . .	51
Tabla 15: Hematites . . . . .	52
Tabla 16: Piritita . . . . .	52
Tabla 17: Magnetita . . . . .	52
Tabla 18: Monacita . . . . .	59
Tabla 19: Resultados (%) de análisis cuantitativo de monacita, de la Zona Zarinas, con microsonda electrónica (dispersión de longitudes de onda) . . . . .	60
Tabla 20: Tipo composicional de las monacitas de Zarinas . . . . .	61
Tabla 21: Xenotima . . . . .	64
Tabla 22: Circón . . . . .	65
Tabla 23: Diópsido-Hedenbergita . . . . .	66
Tabla 24: Espinelas . . . . .	67
Tabla 25: Topacio . . . . .	68
Tabla 26: Cuarzo . . . . .	69
Tabla 27: Feldespatos potásicos . . . . .	70
Tabla 28: Biotitas . . . . .	74
Tabla 29: Clorita . . . . .	75
Tabla 30: Moscovita . . . . .	78
Tabla 31: Zona Zarinas. Balance de densos I . . . . .	85
Tabla 32: Zona Zarinas. Balance de densos II . . . . .	86
Tabla 33: Zona Zarinas. Hoja de trabajo de mineralometría I . . . . .	87
Tabla 34: Zona Zarinas. Hoja de trabajo de mineralometría II . . . . .	88
Tabla 35: Zona Zarinas. Hoja de trabajo de mineralometría III. Resultados de la muestra Z-1 . . . . .	89
Tabla 36: Zona Zarinas. Mineralometría de la muestra Z-2 . . . . .	90
Tabla 37: Zona Zarinas. Mineralometría de la muestra Z-9 . . . . .	91
Tabla 38: Zona Zarinas. Mineralometría de la muestra Z-19 . . . . .	92
Tabla 39: Zona Zarinas. Mineralometría de la muestra Z-26 . . . . .	93
Tabla 40: Zona San Mamede. Balance de los densos de batea . . . . .	94
Tabla 41: Zona San Mamede. Contenidos en minerales densos de las muestras de bateas . . . . .	95

## ÍNDICE DE REFERENCIAS: MINERALES DENSOS DE INTERÉS ECONÓMICO

**mineral:** páginas en las que se cita.

casiterita: 7, 16, 21, 45, 46, 82, 96.

wolframita: 7, 21, 44, 82, 96. APÉNDICE: 3.

scheelita: 21, 45.

ilmenita: 7, 17, 21, 35, 36, 39, 40, 44, 48, 81, 96. APÉNDICE: 2, 3, 5, 21.

rutilo: 7, 17, 21, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 82. APÉNDICE: 2, 3, 9, 11.

ilmenorutilo: 17, 37, 38. APÉNDICE: 2, 3, 7, 19.

columbita-tantalita: 7, 21, 38, 43, 44, 83. APÉNDICE: 3.

circón: 7, 21, 63, 64, 65, 83. APÉNDICE: 3, 11.

oro: 7.

monacita: 7, 17, 21, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 63, 82, 96. APÉNDICE: 2, 3, 6, 8.

xenotima: 7, 21, 63, 84. APÉNDICE: 2, 3, 4.

---

*muestras estudiadas, valorar la utilidad de la colección de referencia en la realización de estudios mineralógicos de concentrados de densos procedentes del mismo entorno geológico. En el Capítulo 3 se recoge este estudio y en el Capítulo 4, de conclusiones, se realiza una breve valoración final.*

*En el Apéndice se recogen los trabajos complementarios de identificación mediante análisis por difracción de Rayos X.*



recomendaciones de PARFENOFF *et al.* (*op. cit.*), el espesor de la capa de granos flotando en el bromoformo se estableció en unos 1,5-2 mm para las fracciones inferiores a 0,5 mm y en 4 mm para la muestra SA-50 y se removió suavemente de vez en cuando para facilitar la separación.

Las fracciones obtenidas y una vez lavadas con etanol, sobre el filtro, se dejaron bajo campana de gases durante un cierto tiempo con objeto de eliminar los restos de bromoformo. Posteriormente se secaron a 45 °C.

La cantidad obtenida en las fracciones de densos y ligeros se pesó en una balanza de precisión Metter H80 con precisión de 0,1 mg.

Todas las fracciones densas se sometieron a **separación magnética** con un imán permanente de poca fuerza (tipo Eclipse) para separar las partículas ferromagnéticas. El imán se pasó repetidamente, sin tocar los granos, sobre la fracción extendida sobre un papel, hasta que no se captaron partículas. Con esta operación se evitan interferencias en la separación electromagnética posterior.

El resto no ferromagnético, de cada fracción, fue objeto de **separación electromagnética** con un separador L-1 Frantz-Isodynamic. El criterio principal de separación es la diferencia de susceptibilidad magnética entre especies minerales, pero también intervienen (para un mismo tipo de separador) las condiciones de operación, así como aspectos relativos a los granos minerales a separar tales como el peso específico, la granulometría, la forma, la presencia y composición de inclusiones, etc.

Las condiciones de operación que influyen más decisivamente en una mejor separación se concretan en:

- La fuerza del campo magnético, que se produce por el paso de una corriente alterna a través de un electroimán de gran potencia y con una separación entre polos mayor en uno de sus extremos por lo que se origina un campo magnético convergente y por tanto de fuerza uniformemente variable que se ajusta variando la intensidad de la corriente. Se utilizaron, en este trabajo, intensidades de 0.3 A, 0.5 A, 0.6 A, 0.8 A, 1.0 A y 1.4 A.

- La inclinación lateral de la regleta, que puede variarse también desde 0° a 90°, influye en la separación de granos con igual susceptibilidad magnética pero con diferentes densidades. Se utilizó una inclinación lateral de 15°.

- La inclinación longitudinal de la regleta donde se produce la separación, que en este tipo de aparatos puede variarse en el rango de 0° a 90°, y cuya influencia se basa en la mayor o menor velocidad de paso de los granos bajo el campo magnético. Se realizaron las separaciones con una inclinación longitudinal de 15°.

- El caudal de alimentación se reguló con la intensidad de la vibración y la posición del embudo alimentador para obtener un caudal más o menos constante que cubriese la superficie de entrada de la regleta. Para la muestra SA-50 con tamaños superiores a 0,5 mm se prescindió del embudo alimentador.

Cada fracción obtenida en las separaciones magnéticas y electromagnéticas se observó mediante una lupa binocular MEIJI LABAX modelo EMZ-5TR-PB Stand, dotada con luz incidente y transmitida.

En las fotografías 1 a 4 se muestran distintos aparatos utilizados.

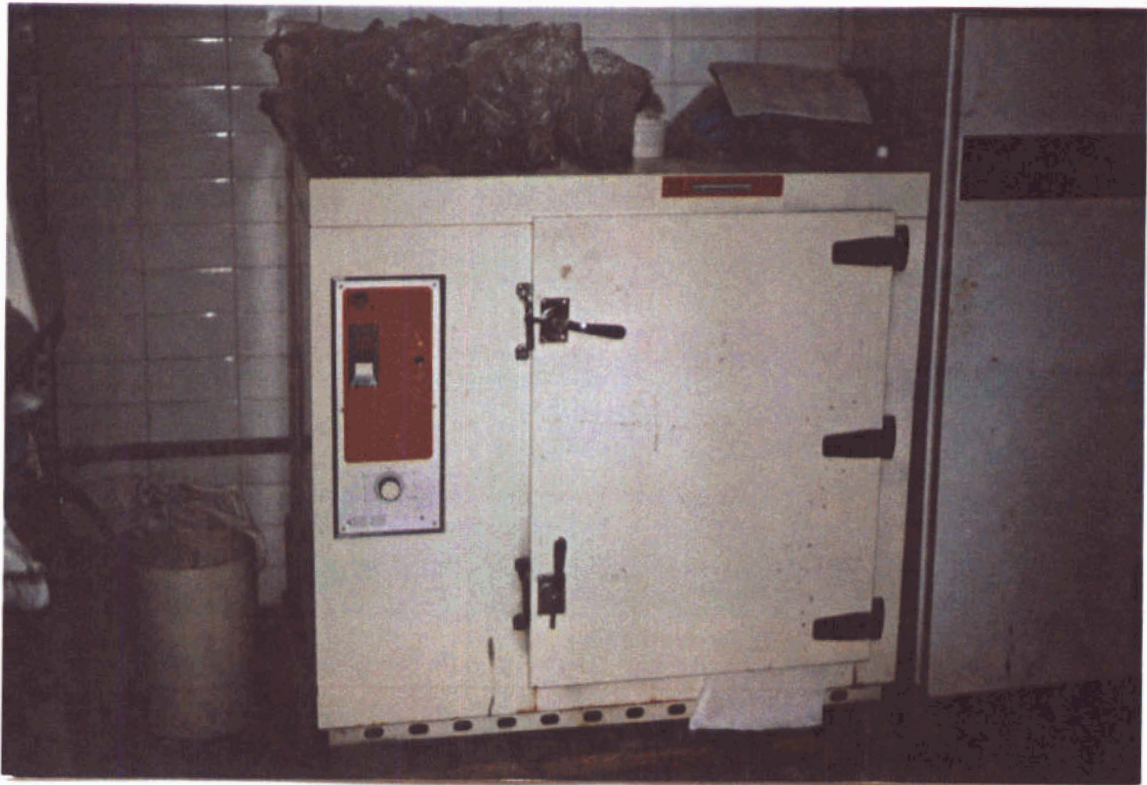


Foto 1: Estufa *Selecta Mod. 2976*, utilizada para secar las muestras a 45 °C.



Foto 2: Balanza *Precisa 220 M*, con precisión de 0,01 g hasta 225 g, utilizada para pesar las fracciones de distintos tamaños.

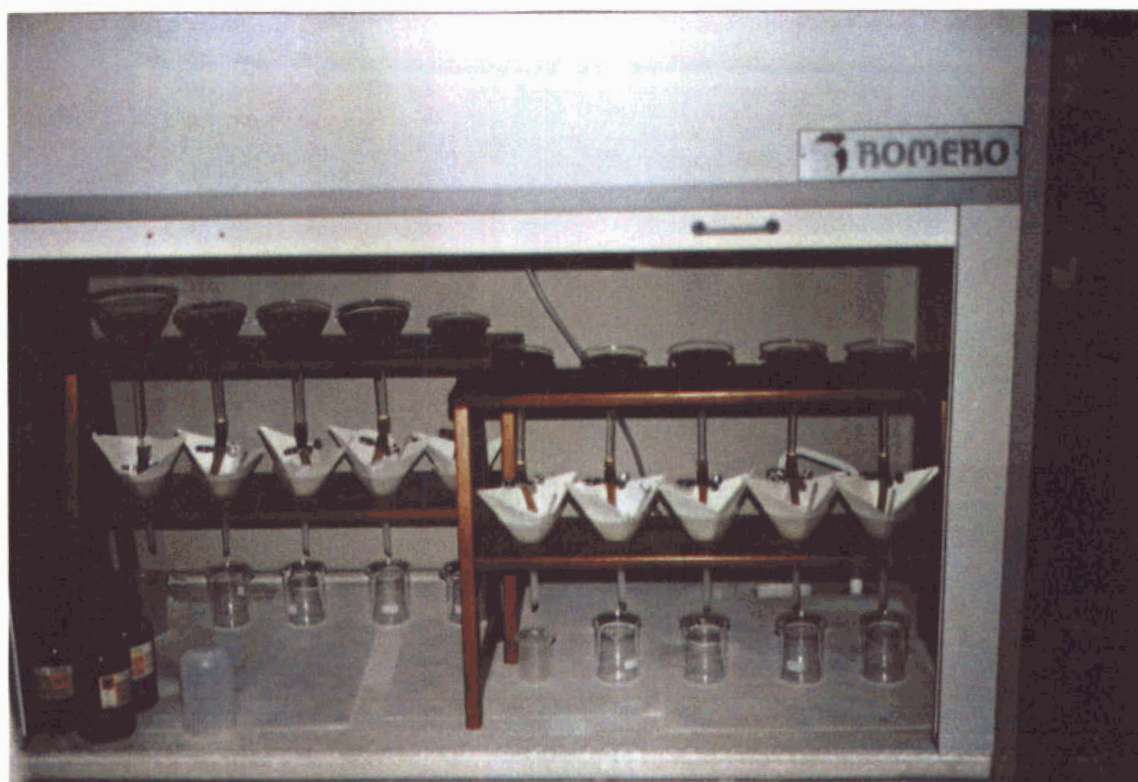


Foto 3: Batería de embudos, dispuesta en una gradilla construida según el modelo de PARFENOFF *et al.* (1970) y utilizada en este trabajo.



Foto 4: Balanza de precisión Mettler H80, con precisión de 0,1 mg hasta 160 g, utilizada para pesar las fracciones densas y magnéticas.

Para la selección de granos semejantes se siguió la técnica de separación descrita por MARTÍN RUBÍ (1990).

Se colocó la muestra sobre un cristal (lámina I fotografía A) de 47 mm x 27 mm provisto de una ranura próxima a uno de sus bordes para facilitar la separación de los granos, que se realizó con la ayuda de un alfiler montado en un tapón de caucho.

Se procedió a la separación de granos semejantes que en base a su morfología, color, brillo, transparencia, cristalinidad, exfoliación, etc. podrían corresponder a una misma especie mineral o a una misma variedad.

De cada fracción disponible se revisó más del 75 % (el 100 % en ocasiones) excepto de las fracciones no magnéticas a 1.4 A ya que tenían una cantidad excesiva.

Los granos seleccionados se pasaron, con ayuda del alfiler, desde la placa de separación ranurada a otra del mismo tamaño sin ranura y cubierta con papel adhesivo por ambos lados quedando así suficientemente fijos. Los granos se dispusieron en hileras agrupando aquellos más semejantes y se obtuvieron dos placas homologas, una para la colección de referencia y otra para la identificación de granos con la microsonda electrónica (lámina I fotografía A).

El seguimiento y control del estudio de identificación se realizó mediante fichas como la de la Fig. 1 en la que, por referencia a filas y columnas, se puede identificar cada grano destinado a análisis con microsonda con sus semejantes en la colección de referencia.

Los granos minerales situados en la placa para análisis con microsonda por el método de dispersión de energías, fueron recubiertos (lámina I fotografía A) con una capa de carbono de 200 Anstromgs de espesor siguiendo la técnica de sombreado en alto vacío ( $5 \times 10^{-5}$  torr).

Con esto se les dota de la conductividad eléctrica y calorífica necesaria para la realización del análisis.

Se utilizó el equipo de la Casa ARL modelo SEM Q2. Un fino haz de electrones acelerados a un potencial comprendido entre 10 y 25 kV, se hace pasar por una serie de diafragmas y lentes electromagnéticas para regular su tamaño, forma e intensidad, antes de incidir sobre el grano a analizar.

La muestra se desplaza, según las tres direcciones del espacio, mediante un sistema mecánico de alta precisión (2 micras) y la zona de incidencia del haz de electrones (es decir, la zona a analizar) puede observarse con detalle por medio de un microscopio óptico.

Al incidir el haz de electrones sobre la superficie del grano se producen electrones retrodispersados y el resto penetra en el material produciendo radiación X (característica y continua) y radiación visible (catodoluminiscencia).

La radiación X característica del material fue la analizada con el sistema de detector de estado sólido de silicio dopado con litio, también denominado de dispersión de energías. Por ser un análisis que permite conocer la composición elemental del material, si bien de forma cualitativa (y semicuantitativa), es adecuado su uso para muestras de granos, que suelen presentar un relieve irregular, y es una modalidad de análisis rápido para los elementos con número atómico superior al del sodio.

Las condiciones de operación utilizadas fueron las siguientes:

- Potencial acelerador de los electrones: 25 kV.
- Intensidad de corriente de sonda: 1 nA
- Tiempo de exposición al haz electrónico: 20 s.

Los resultados del análisis de microsonda se concretan en la salida gráfica del espectro de dispersión de energías obtenida con un registrador Hewlet-Packard 7044-A conectado al ordenador que controla el sistema de dispersión de energías. Se sintetizan mediante una anotación de los elementos presentes con un coeficiente que indica la altura relativa de los picos obtenidos, teniendo en cuenta que algunos elementos tienen una mejor respuesta que otros, y por tanto los resultados son cualitativos (así el Mg tiene una baja respuesta por lo que no siempre aparece su registro en las cloritas). El tipo de registro obtenido puede verse en el siguiente capítulo.

Para la identificación de los minerales densos, y disponiendo ya de los resultados de análisis con microsonda se observaron de nuevo, con la lupa binocular, los granos semejantes que se habían preparado como colección de referencia, con ayuda de las fichas de seguimiento y control. En base a la observación con luz incidente y/o luz transmitida de los granos sin montar, a la composición elemental cualitativa y a su localización en la fracción magnética, se han podido identificar con seguridad la mayoría de los granos de la colección de referencia y que corresponderán, fundamentalmente, a los minerales densos esperables en la zona de estudio. Se apoyó la identificación con observaciones de los granos sometidos a radiación UV y en el caso concreto de la casiterita se utilizó el test del estaño: en presencia de Zn, el estaño es reducido, en superficie, dando una pátina de Sn metálico.

Con objeto de completar este estudio se realizó un último control sobre el contenido en minerales densos, para alguna de las fracciones utilizadas, mediante el estudio por difracción de rayos X (ver el APÉNDICE) con un difractómetro tipo PW1710 BASED realizando la interpretación en base a las fichas dadas por BAYLISS *et al.* (1986).

Las muestras analizadas fueron la fracción densa de M-7 que, como ya se indicó, corresponde a un preconcentrado muy "apurado" y con poca variedad mineralógica, y los densos de la muestra SA-29 que para facilitar la identificación y control mineralógico se analizaron cada una de las fracciones magnéticas disponibles.

Se preparó la muestra mediante molienda en mortero de agata a unas 40 micras. La pequeña cantidad de muestra disponible (algo muy frecuente en algunas fracciones densas magnéticas) llevó a montar las muestras en un porta de Al, por lo que se hizo un filtrado de este elemento en la interpretación de los diagramas obtenidos.

Para la interpretación de los diagramas se tuvieron en cuenta los resultados de los estudios precedentes. Así, se anotaron para cada fracción los minerales ya identificados con cierta seguridad, y se comprobó su registro en el difractograma.

Este método facilita la verificación de los resultados obtenidos durante la observación con lupa binocular y microsonda electrónica. No obstante y a pesar de haberse realizado análisis de las diferentes fracciones, la complejidad interpretativa es alta.

El método de difracción de RX utilizando un porta de silicio sobre el que se muele directamente la muestra, permite el análisis de cantidades mínimas de muestra y así se identificaron (ver el APÉNDICE) rutilo (ilmenorutilo) negro similar a los de las fotografías D y H de la lámina IV, con 2 granos en torno a 1 mm de diámetro cada uno (FERR-2), ilmenita con dos granos de 1 mm (FERR-3), granates (grosularia) con 7 granos de 1 mm (FERR-4A) y feldespato potásico con 3 granos de 1 mm (FERR-8). Para tamaños de grano inferiores la cantidad de muestra, aunque pequeña, tiene que ser manejable. Los difractogramas obtenidos son entonces interpretables con mayor facilidad y seguridad.

Por último, y con objeto de estudiar la composición cuantitativa de la monacita y la existencia o no de variaciones composicionales, se estudiaron distintos puntos en un grano de monacita por microsonda electrónica con el método de dispersión de longitudes de onda.

Se montaron una serie de granos incluyéndolos en araldita y puliendo la probeta así obtenida para conseguir una superficie lisa y paralela a la base.



El aparato utilizado fue el mismo ya señalado para los análisis por dispersión de energías y el potencial acelerador de los electrones fue de 20 kV y 20 nA como corriente de sonda.

Los patrones usados fueron: para La, Ce, Pr y Nd, los respectivos trifluoruros; para Sm, Gd y Dy, los respectivos elementos puros; para Th, ThO<sub>2</sub>, y para P y Ca un fluorapatito.

Las líneas analíticas empleadas, junto con las posiciones para la medida de intensidad de pico y fondos, así como los cristales analizadores y detectores usados, figuran en la Tabla 1. Los tiempos de análisis han sido: 10 s en el pico y 10 s en cada una de las posiciones de fondo (una a la derecha y otra a la izquierda del pico).

Los resultados iniciales han sido tratados por el programa MAGIC IV que corrige los efectos de número atómico, absorción y fluorescencia.

Detalle de portamuestras de la colección de referencia.

SA-29: 0,5-0,1 mm Densos a 0,5 A	A	B	C
1	oooooo	□ □ □ □	□ □ □ □
2	△ △ △ △	/// ///	○ ○ ○ ○
3	∩ ∩ ∩ ∩	/// ///	/// ///

Detalle de portamuestras de la colección para análisis con microsonda electrónica.

SA-29: 0,5-0,1 mm Densos a 0,5 A	A	B	C
1	oo	□ □	□ □
2	△ △	///	○ ○
3	∩ ∩	///	///

Fig. 1: Ficha de control de análisis de granos minerales con microsonda electrónica.

Tabla 1: Líneas analíticas, posiciones de medida, cristales analizadores y detectores usados.

Línea	$\lambda$ pico (Å)	$\lambda$ fondos(Å)	Cristal	Detector
PK $\alpha_{1,2}$	6,1580	6,2637	ADP(101)	F
CaK $\alpha_{1,2}$	3,3595	3,4195	LiF(200)	F
ThM $\alpha_1$	4,1381	4,2438	ADP(101)	F
LaL $\alpha_1$	2,6657	2,7057	LiF(200)	F
CeL $\alpha_1$	2,5615	2,6115	LiF(200)	F
PrL $\beta_1$	2,2588	2,2788	LiF(200)	C
NdL $\beta_1$	2,1669	2,1869	LiF(200)	C
SmL $\beta_1$	1,9981	2,0281	LiF(200)	C
GdL $\beta_1$	1,8468	1,8668	LiF(200)	C
DyL $\alpha_1$	1,9088	1,9288	LiF(200)	C

F: detector proporcional de flujo.

C: detector de centelleo.

El estudio mineralométrico realizado puede considerarse como cuantitativo (según como se describe este tipo de análisis en PARFENOFF *et al.* (*op. cit.*) y en VAQUERO (1977). Se utilizaron las diferentes fracciones, que pueden tener interés minero, obtenidas en el estudio de la distribución de tamaños (ANEXO 2).

Así, se usaron las fracciones 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm, 0,25-0,125 mm, 0,125-0,063 mm, 0,063-0,040 mm. Cada fracción fue objeto de separación de densos y de diferentes fracciones magnéticas, siguiendo la metodología expuesta anteriormente. La fracción más fina (0,063-0,040 mm) solo fue sometida a separación de densos, los cuales se

guardaron en previsión de que su estudio se considerase conveniente, a la vista de los resultados obtenidos del estudio del resto de las fracciones.

Se separaron partes representativas de cada fracción granulométrica, en cantidades (entre pocos g a más de 200 g) que permitieran asegurar la obtención de suficiente muestra en cada fracción, para permitir su estudio con poco error.

La identificación y el contaje de los volúmenes de los distintos minerales, presentes en cada fracción magnética, se realizó utilizando la totalidad de densos obtenidos o, al menos, 100 a 300 granos para las fracciones más finas, cuando la cantidad disponible era excesiva. Para los tamaños más gruesos que 1 mm el proceso se simplificó agrupando cada especie mineral y cuantificandola por pesada directa.

La identificación se llevo a cabo mediante la observación con lupa binocular y con la ayuda de la colección de referencia, lámpara UV, test del estaño, y test físicos sencillos.

La placa de la fotografía B en la lámina I se utilizó para facilitar el contaje y el cálculo de volúmenes y la placa de la fotografía C (lámina I) para la aplicación del test del estaño y observación de la raya y la rotura de granos (fragilidad y fractura). Se anotaron, también, algunas características, tales como la redondez y la esfericidad (en base a gráficas visuales) de los granos, que pudieran ser útiles en trabajos posteriores, si bien sin tal detalle y precisión que nos aleje del objetivo de realizar estimaciones rápidas bien fundamentadas.

Los porcentajes en volumen de cada mineral se expresaron (multiplicando por el peso específico de cada especie mineral) en porcentajes en peso para cada fracción granulométrica estudiada. El balance al todo uno se realizó aplicando el porcentaje que representa cada fracción granulométrica. Para el mantenimiento de los datos y la realización de las distintas operaciones se utilizó una hoja de cálculo del programa QUATTRO PRO para PC.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.1. RESUMEN

Los minerales identificados fueron:

Anatasa	Almandino	Andalucita	Apatito	Berilo
Biotita	Broquita	Casiterita	Circón	Clorita
Columbita	Corindón	Cuarzo	Diópsido	Cianita
Titanita	Espinela	Estaurolita	Feldespatos	Fluorita
Grosularia	Hematites	Ilmenita	Leucoxeno	Limonita
Magnetita	Monacita	Moscovita	Rutilo	Scheelita
Sillimanita	Topacio	Turmalina	Wolframita	Xenotima

La asociación mineral encontrada es congruente con el entorno geológico inmediato conocido.

En la Tabla 2 se sintetizan los resultados de la revisión bibliográfica, y en los apartados que siguen se exponen y discuten los resultados obtenidos sobre cada mineral identificado. Se incluyen las composiciones mediante notación elemental con unos coeficientes estimados que representan las proporciones relativas al elemento más abundante, siempre con un valor indicativo. Algunos gráficos de los espectros más representativos completan la información sobre la composición elemental y, en el texto, se hace referencia a los análisis por difracción de RX realizados sobre muestras monominerales y cuyos datos se recogen en el APÉNDICE.



## 2.2. GRANATES

Los granates constituyen un grupo isoestructural cuyos individuos cristalizan en la clase hexaquisoctaédrica del sistema isométrico siendo las formas más frecuentes las dodecaédricas y trapezoédricas.

Su composición química puede representarse por la fórmula general  $A_3B_2(SiO_4)_3$ . La posición A corresponde a cationes divalentes, bastante grandes, intercambiables entre magnesio, hierro ferroso y manganeso, y con menor facilidad de intercambio con el calcio, se tienen así granates cálcicos en contraposición con los de los otros tres cationes. La posición B está ocupada por cationes trivalentes más pequeños con sustituciones limitadas entre ellos (aluminio, hierro férrico y cromo) dando granates ricos en alguno de ellos (alumínicos, férricos y crómicos).

Los granates identificados en este trabajo corresponden a las series composicionales almandino-espesartina de la serie de granates denominada pirlaspita, y grosularia-andradita de la serie ugrandita. En cada una de las series existe variación continua en composición lo que no sucede entre ambas series pirlaspita y ugrandita (DEER *et al.*, 1989).

### Granates de la serie almandino-espesartina

Los espectros de dispersión de energías, recogidos mediante notación elemental significativa en la Tabla 3, muestran que su composición corresponde a la de los granates alumínicos de la serie almandino  $(SiO_4)_3Al_2Fe_3$  a espesartina  $(SiO_4)_3Al_2Mn_3$ , por sustitución isomórfica del Fe (ferroso) por Mn.

Los espectros de dispersión de energías, que se incluyen a continuación muestran algunas de las variaciones composicionales de los granates de esta serie.

Los granates están generalmente zonados y por tanto variaciones en los contenidos relativos de Mn y Fe respecto de los otros elementos pueden obtenerse, si el análisis es de diferentes zonas, en granos del mismo tipo composicional ya que, según WINKLER (1975) la mayor riqueza en dichos elementos se tiene en los núcleos de los granates. Esta zonación no coincide con la señalada por MARQUÍNEZ (1984) para los granates tipo II de los metasedimentos del Área Esquistosa de Galicia Central, los cuales tienen los núcleos enriquecidos en Ca y Mn y los bordes en Fe y Mg.

El espectro S-1742 de la Fig. 2, registra predominio total de hierro y su color es prácticamente negro, los S-1721 y S-1728 (ver Fig. 3 y Fig. 4) muestran la sustitución del Fe por el Mn (¿quizás respuestas a zonados?) y no se observan diferencias importantes de color o aspecto (lámina II fotografía A).

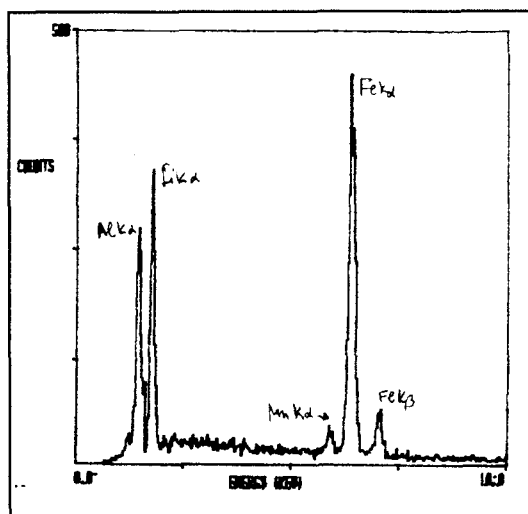


Fig. 2: Espectro S-1742

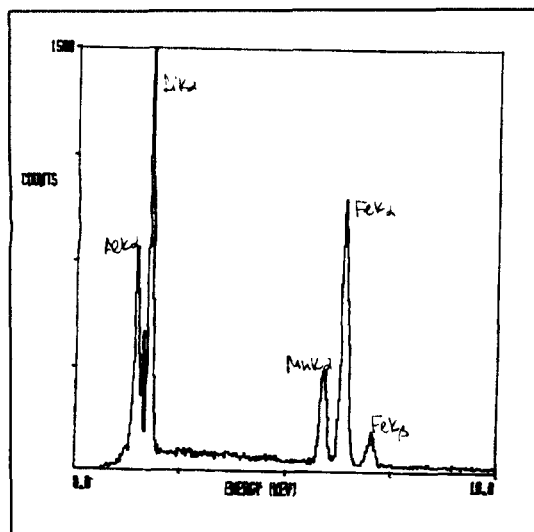


Fig. 3: Espectro S-1721

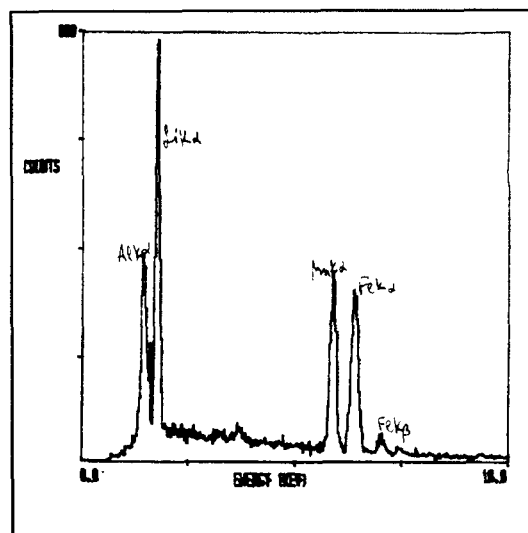


Fig. 4: Espectro S-1728

Se presentan en granos con formas con tendencia esférica (lo más común), siendo frecuentes las superficies rugosas y corroidas (chagrinado), y menos frecuentes las placas y fragmentos muy irregulares. Los granos varían desde incoloros, rosa suave y amarillo muy suave (sobre todo en las placas delgadas) a rosa fuerte-violáceo y amarillo-caramelo.

Algunos granos presentan alteración y tienen, entonces, tonos amarillentos y acaramelados oscuros y se deshacen con facilidad (lámina II fotografía C). Lo más frecuente es la cloritización - limonitización de los granates y se observa entonces en los espectros un incremento en Fe como en el espectro S-1544 (Fig. 6) y otros en la Tabla 3, no obstante no todos los granos que pueden considerarse granates alterados en mayor o menor grado, dan espectros con claro enriquecimiento en hierro.

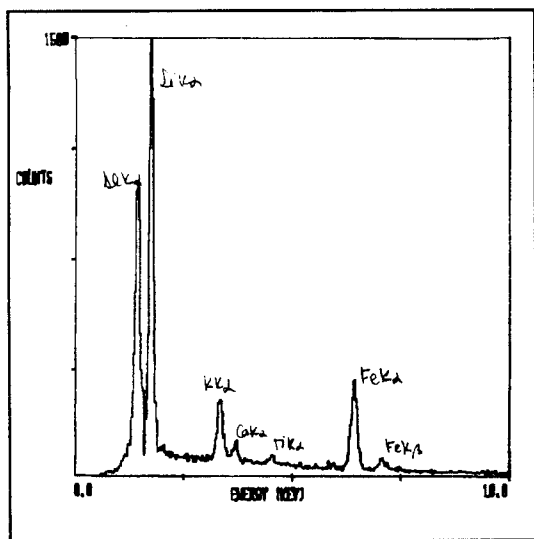


Fig. 5: Espectro S-1600

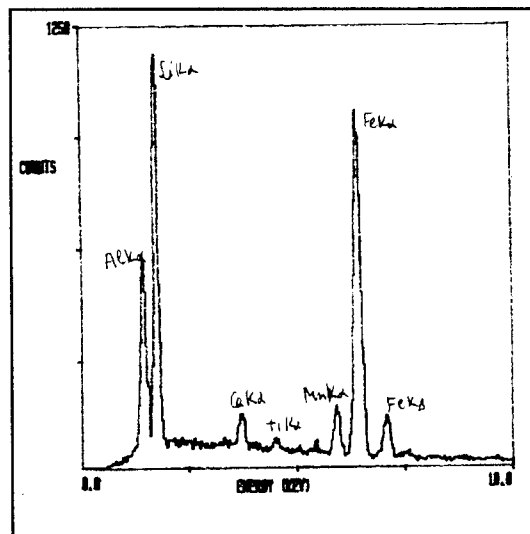


Fig. 6: Espectro S-1544

En ocasiones se ha observado un núcleo menos alterado, de color rosa suave casi incoloro, que corresponde al resto inalterado de un granate.

Algunos espectros muestran la presencia de cationes, siempre en pequeñas cantidades, tales como Ca y Ti (y quizás Mg) que podrían sustituir a parte del Fe ferroso y Mn. También se obtiene Ni que sustituiría parcialmente al Al o al Fe férrico.



Por último, se han asignado a esta serie granos de color amarillo-caramelo, cuya composición elemental es Si, Al, Fe y K y que podrían corresponder a tránsitos de alteración a biotita o a impurezas debidas a la manipulación del grano (espectro S-1600 de la Fig. 5). Otra impureza que se obtiene en algunos espectros es el P.

### Granates de la serie Grosularia-Andradita

El término alumínico es la grosularia  $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$  y el término férrico es la andradita  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$ . El hierro ferroso puede reemplazar al calcio y el férrico al Al en la grosularia y, en la andradita el Al puede reemplazar al hierro férrico y el Mn al hierro ferroso. El Mg puede sustituir parcialmente al Ca.

Las formas observadas son irregulares, conservando en pocos casos alguna de las caras cristalinas. Los granos varían desde incoloros (especialmente cuando se presenta en placas de poco espesor) a amarillo y ámbar, siendo éste último el color más frecuente de los granos alterados (lámina II fotografía B). Aunque se ha indicado que el color de la grosularia parece estar determinado principalmente por los contenidos en Fe y Mn (DEER *et al.*, 1989), no se han podido establecer relaciones claras en este trabajo.

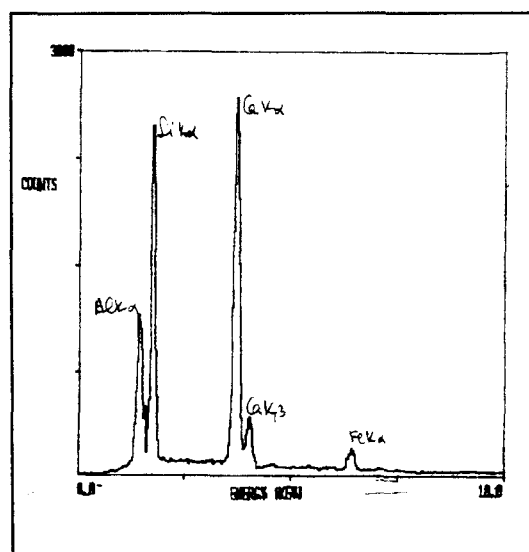


Fig. 7: Espectro S-1668

En la Tabla 4 se pueden observar los resultados de distintos espectros de dispersión de energías asignados a granos de esta serie. En ningún caso se encontró el extremo andradita y todos los espectros corresponden a términos más próximos a la grosularia.

El espectro básico es el constituido por Ca-Si-Al-Fe como el S-1668 de la Fig. 7 y las variaciones observadas tienen que ver con el contenido en hierro, que parece aumentar en los granos más coloreados y alterados.

Algunos espectros muestran la existencia de sustituciones parciales del Ca por Mg (S-1834 de la Fig. 8) y del hierro ferroso por Mn como sucede en el espectro S-1747 de la Fig. 9, lo que quizás favorece las tonalidades más coloreadas (amarillo-ámbar).

El K, P y el S aparecen como impurezas en algunos granos.

La presencia de grosularia ha sido confirmada también mediante la difracción de RX de pocos granos como se observa en los resultados de la muestra FERR-4 (APÉNDICE).

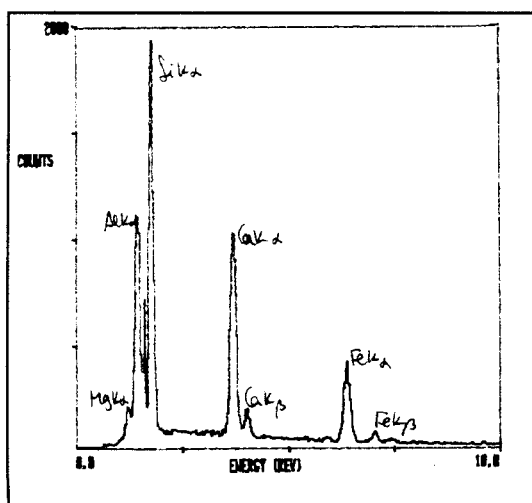


Fig. 8: Espectro S-1834

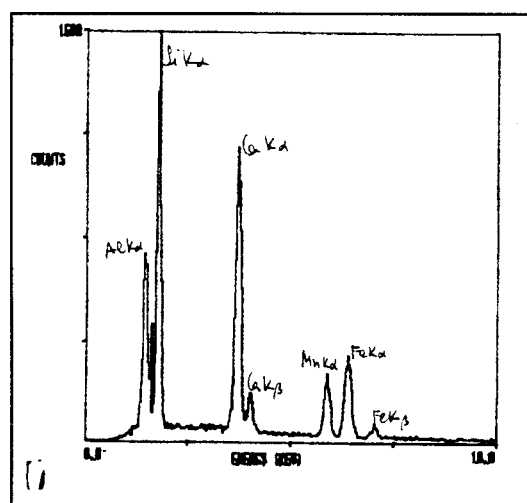


Fig. 9: Espectro S-1747

Tabla 3: Granates de la Serie Almandino-Espesartina.

Refer.	Composición elemental	Características
S-1742	7Fe/6.5Si/6Al/Mn	Negro
S-1721	7Si/6Fe/5.5Al/2Mn	Rosa-lila, esférico/ También caramelo (alterado), amarillo-caramelo e incoloro. Granos esféricos más o menos corroídos y fragmentos irregulares angulosos.
S-1728	7Si/5.5Al/4Mn/4Fe	Frag.rosa-lila/amar.-caramelo
S-1543	7Si/7Fe/6Al/3Mn/2Ca	Alterado-caramelo
S-1544	7Si/7Fe/5.5Al/2Mn/Ca/0,5Ti	Alterado-caramelo
S-1724	7Si/6.5Fe/5.5Al/5Mn/Ca	Incoloro
S-1547	7Fe/6.5Al/5.5Si/5P/Mn	Alterado-caramelo
S-1553	7Si/6.5Al/5.5Fe/P	Alterado-caramelo
S-1554	7Si/6.5Fe/5.5Al/5Ni/5Mn	Alterado-amarillo
S-1560	7Al/7Si/6.5Fe/3P	Alterado-caramelo
S-1800	7Al/6.5Si/5Fe	Amarillo-caramelo
S-1806	7Al/6Fe/5P/5Si	Alterado
S-1570	7Si/6Al/5Fe/2K	Amarillo, fragmento
S-1571	7Al/7Si/5Fe/4Ni/5K/5P	Amarillo suave
S-1818	7Fe/7Si/6.5Al/5K	Alterado-castaño
S-1542	7Si/6Al/5Fe/3K/Mn/P	Alterado
S-1555	7Si/5Al/3Fe/2K	Alterado-amarillo
S-1600	7Si/6Al/3Fe/2K/0.5Ti/Ca	Alterado

Tabla 4: Granates de la Serie Grosularia-Andradita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1603	7Si/6Al/6Ca/Fe	Incoloro, placa
S-1668	7Ca/7Si/5.5Al/Fe	Incoloro, placa
S-1669	7Ca/6Si/5Al/3Fe	Incoloro, placa/amar-ámb
S-1802	7Si/6.5Al/6Ca/5Fe	Alterado
S-1834	7Si/5.5Al/5.5Ca/3Fe/3Mg	Amarillo
S-1797	7Si/6Ca/6Al/5Fe/Mg	Amarillo
S-1747	7Si/6Ca/5.5Al/2Fe/2Mn	Amarillo-caramelo
S-1750	7Si/7Ca/5.5Al/5Mn/5Fe	Amarillo
S-1845	7Ca/7Si/5.5Al/4Fe/Mn	Incoloro
S-1804	7Si/5Ca/5Al/4Fe/K	Amarillo
S-1612	7Si/7Ca/5.5Al/3K/3Fe	Caramelo
S-1640	7Si/6.5Ca/5.5Al/Fe/S	Incoloro

### 2.3. MINERALES SILICOALUMINOSOS

Los tres polimorfos del  $\text{SiO}_5\text{Al}_2$ , andalucita, sillimanita y cianita tienen estructuras complejas lo que se refleja en su hábito; así, mientras que la andalucita y la cianita tienen hábito columnar u hojoso, la sillimanita tiene un hábito fibroso y acicular.

### **Andalucita**

Cristaliza en el sistema ortorrómbico, generalmente en prismas cuadrados, si bien en aluviones se encuentra más frecuentemente en fragmentos irregulares, de incoloros a rojos y con frecuentes inclusiones carbonosas (variedad quiastolita). Se altera con facilidad a sericita.

Según PARFENOFF *et al.* (1970) y DEER *et al.* (1989), el mineral es bastante puro y sólo presenta, en su red, cantidades pequeñas de iones férrico y manganeso (no detectado en los granos analizados). El reemplazamiento de Al por  $Fe^{3+}$  es generalmente pequeño y en la mayoría de las andalucitas el  $Fe_2O_3$  es menor del 2 %.

El espectro más característico señala el predominio de Al y Si, y la presencia de K y, seguramente la mayor relación del Si respecto al Al puede deberse a la existencia de alteración a micas claras (sericita). La impureza principal se debe al hierro, bien debido a micas adheridas o a inclusiones, el Ca es otro catión que aparece como impureza.

Se ha encontrado en fragmentos irregulares (en algún caso como restos de prismas con sección casi cuadrada) desde incoloros a tonos amarillentos y con micas adheridas e inclusiones oscuras (lámina II, fotografías G y H).

### **Sillimanita**

Cristaliza en el sistema ortorrómbico en cristales largos y aplanados, en grupos paralelos; frecuentemente fibrosos (variedad fibrolita), ambos tipos puede verse en la lámina II fotografías D y E.

La composición química es muy constante y próxima a  $Al_2SiO_5$  y el  $Fe^{3+}$  es el ión que reemplaza al Al más frecuentemente en la estructura (DEER *et al.*, *op. cit.*).

Tabla 5: Andalucita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1618	7Al/6Si	Incoloro a amarillento
S-1624	7Al/6Si/Fe	Incoloro grisáceo con inclusiones
S-1853	7Al/6Si/2Fe/K	Amarillo rosáceo con micas adheridas
S-1706	7Al/6Si/Fe/K/Ca	Incoloro grisáceo con micas adheridas

Los espectros del tipo del de la Fig. 10, obtenidos a partir de cristales prismáticos, desde incoloros a suavemente amarillentos, presentan una composición elemental de Al y Si con niveles bajos de impurezas de K y Fe. La misma composición se obtiene a partir de agregados fibrosos (fibrolita). Los niveles de impurezas de hierro, potasio, magnesio y titanio aumentan en aquellos granos en los que la sillimanita está asociada a biotita o moscovita (lámina II fotografía F y lámina VIII fotografía C). Se obtienen así espectros, con mayor proximidad de las intensidades de los picos del Al y del Si, que no se corresponden con los característicos de la sillimanita ni de la biotita o la moscovita. No obstante, algunos espectros podrían asignarse (si se prescinde de la observación con la lupa) exclusivamente a biotita o a moscovita.

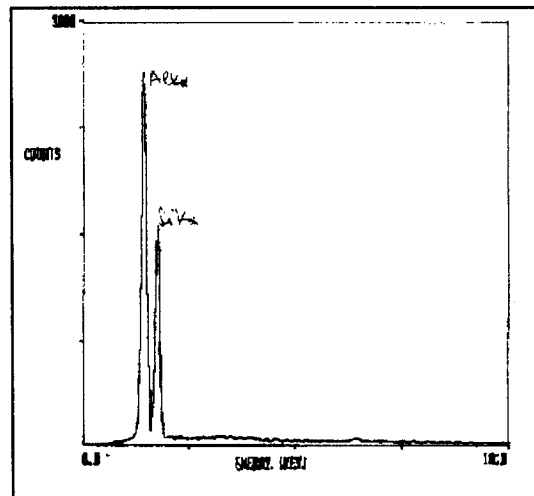


Fig. 10: Espectro S-1660

**Cianita**

Pocos granos de los observados con la lupa binocular se identificaron con seguridad como cianita. Con luz transmitida y para los granos entre 63 μm y 40 μm, montados en

bálsamo de Canadá sobre un porta de vidrio, se encontraron muy pocos granos, lo que nos indica su escasa presencia.

**Tabla 6: Sillimanita**

Refer.	Composición elemental	Características
S-1660	7Al/5.5Si	Prisma incoloro
S-1704	7Al/7Si/Fe	Prismas amarillentos
S-1857	7Al/6Si/Fe/K	Prismas incoloros
S-1572	7Al/6Si/3Fe/K	Fibrolita
S-1638	7Si/7Al/5Fe/4K	Fibrolita
S-1606	7Al/7Si/4Fe/4K/Ti	Moscovita + Fibrolita
S-1607	7Al/7Si/3Fe/K/Ti	Moscovita + Fibrolita
S-1854	7Al/6.5Si/4K/4Fe/Ti	Biotita + fibrolita
S-1855	7Si/6Al/4K/2Fe/Ti	Biotita + fibrolita
S-1628	7Si/7Al/5K/5Fe/4Ti	Fibrolita
S-1691	7Al/6Si/4Ti/2Fe	Incoloro, prismas
S-1634	7Al/6Si/Fe/Ti	Agregados prismáticos
S-1626	7Al/6Si/4Fe/4Ti/2Ca	Prisma amarillentos
S-1693	7Si/6.5Al/4K/4Fe/Mg/Ti	Prisma, impurezas

## 2.4. TURMALINA

La turmalina cristaliza en el sistema romboédrico y se ha encontrado como fragmentos angulosos a subangulosos y son frecuentes los hábitos prismáticos. Se presentan con colores

verde pardo a negro (en los fragmentos gruesos) y que corresponden a términos ricos en hierro (chorlos) sin magnesio o bien con colores verdes-pardos más transparentes y con contenidos similares de Fe y Mg (dravitas), (lámina III fotografías A, B y C).

Su quimismo es complejo y responde bastante bien a la fórmula  $\text{NaR}_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{OH})_4$ , donde el Na puede ser parcialmente reemplazado

por K o por Ca. R puede ser predominantemente  $\text{Fe}^{3+}$  (chorlo), Mg (dravita) o Al+Li (elbaita), también puede ser Mn (tsilaisita). Hay muy poca sustitución del Al por Si y en lugar del hidroxilo (OH) puede haber F, particularmente en la serie de la elbaita. Hay series entre la dravita y el chorlo (serie de la dravita) y entre la elbaita y el chorlo (serie de la elbaita), en esta última son menos frecuentes los términos intermedios (DEER *et al.*, *op. cit.*).

Como se observa en los espectros de dispersión de energías los términos encontrados pertenecen a la serie dravita-chorlo (S-1486 y S-1782 de la Fig. 11 y Fig. 12 respectivamente).

Como puede observarse en la Tabla 7, la composición básica mostrada por los espectros de dispersión de energías está constituida por Si, Al y Fe para la variedad chorlo y con una cierta presencia de Mg para la variedad dravita. El Ti, Ca y K son los otros cationes más frecuentes pero siempre en muy baja proporción.

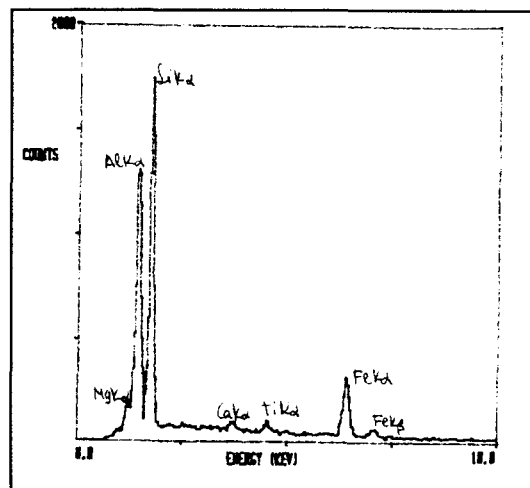


Fig. 11: Espectro S-1486

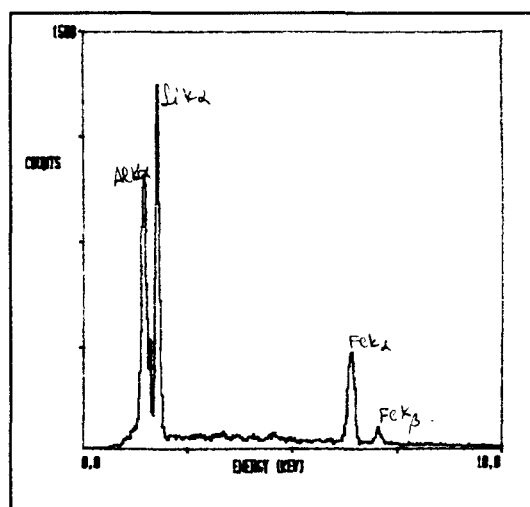


Fig. 12: Espectro S-1782



Al ser el Mg un elemento que se detecta con poca intensidad con el método empleado, en ocasiones las cantidades relativas Fe-Mg parecen no ser congruentes con su asignación como dravitas. Es probable que la distribución de los elementos dentro del grano también distorsione el espectro resultante, pues son frecuentes los zonados muy marcados.

Tabla 7: Turmalina

Refer.	Composición elemental	Características
S-1782	7Si/6Al/3Fe	Chorlo, irregular y prismas
S-1786	7Si/7Al/5Fe/K	Chorlo, negro prisma estriado
S-1670	7Si/7Al/4Fe/4Mg	Dravita, fragmento
S-1611	7Si/6.5Al/5.5Fe/Mg	Prismática
S-1595	7Si/6.5Al/5Fe/Mg	Prismas
S-1563	7Si/6.5Al/5Fe/Ca	Chorlo, negro, fragmento irregular
S-1593	7Si/6.5Al/5Fe/Ti/Mg	Chorlo, negro, fragmento irregular
S-1610	7Si/6Al/5Fe/3K/Ti/Mg	Chorlo, prismas
S-1483	7Si/6Al/3Fe/Ca/Mg	Dravita, verde pardo, irregular
S-1486	7Si/6.5Al/3Fe/3Mg/Ti/Ca	Dravita prismas, verde-pardo
S-1487	7Si/6.5Al/3Fe/Mg/Ti/Ca	Dravita prismas, verde-pardo
S-1488	7Si/6Al/5Fe/Mg/K/Ca/Cl	Dravita prismas, verde-pardo
S-1576	7Si/6.5Al/5.5Ca/5Fe/3Ti/P	Prisma de color claro, alterado

## 2.5. MINERALES DE TITANIO

Entre los minerales de titanio se pueden asignar, después de la observación con la lupa binocular, los espectros de dispersión de energías obtenidos a ilmenita, rutilo y leucoxeno. Algunos espectros corresponden a rutilos con tántalo y niobio.

### Ilmenita

Cristaliza en el sistema trigonal y se ha encontrado en granos subredondeados y frecuentemente aplanados o como granos tabulares angulosos-subangulosos, de color negro. En ocasiones con hábitos romboidales (lámina III fotografías E, F, G y H). Se han observado inicios de alteración a leucoxeno sobre todo en los bordes o como "parches" (gris-blancos) en algunos granos.

La fórmula de la ilmenita puede ser expresada como  $(Fe, Mg, Mn)-TiO_3$  con cantidades limitadas de Mg y Mn. Puede tener láminas de exolución de hematites ( $Fe_2O_3$ ) o de titanohematites (DEER *et al.*, 1989). Según PARFENOFF *et al.* (1970) existe una serie isomórfica entre la ilmenita propiamente dicha  $FeTiO_3$  y la geikielita  $MgTiO_3$ ; el Mn y el  $Fe^{3+}$  sólo existen en muy pequeñas proporciones.

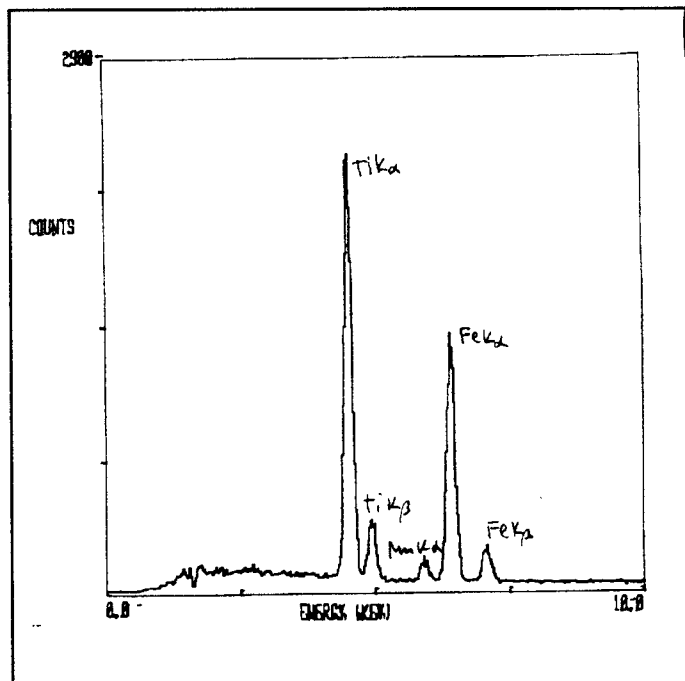


Fig. 13: Espectro S-1651

La ilmenita férrica o menaccanita (magneto-ilmenita) puede tener hasta un 6 % de  $Fe_2O_3$ , la ilmenita magnésica hasta un

16 % de MgO y la manganésífera o manganoilmenita hasta un 16 % de MnO, la titanomagnetita es intermedia entre la magnetita y la ilmenita (PÉREZ MATEOS, 1965).

Los espectros obtenidos corresponden a los términos ricos en hierro. En la mayoría de ellos hay sustitución parcial del hierro ferroso por manganeso. Es también muy frecuente la presencia de Si y Al (¿debido a inicios de leucoxenización?) y poco frecuente la de cationes como Zn, Ca y Ni. Los espectros más representativos son los S-1651, S-1646 y S-1533 de las Fig. 13, Fig. 14 y Fig. 15 respectivamente.

El análisis por difracción de RX de una muestra (FERR-3) de pocos granos de ilmenita se recoge en el APÉNDICE.

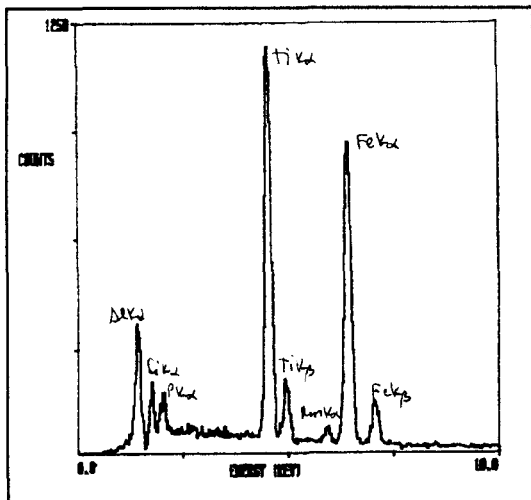


Fig. 14: Espectro S-1646

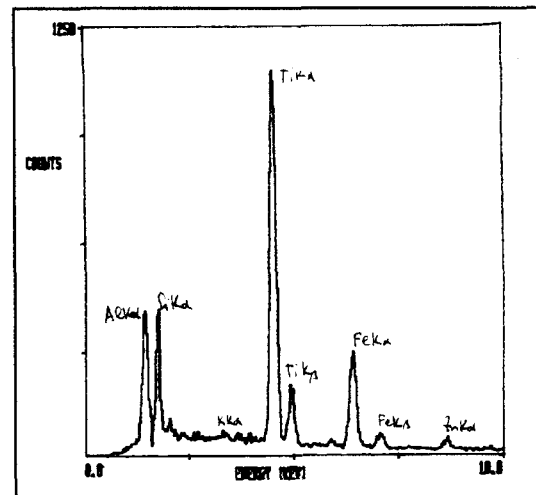


Fig. 15: Espectro S-1533

Tabla 8: Ilmenita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1651	7Ti/5.5Fe/Mn	Esquirla irregular, negra
S-1838	7Ti/5.5Fe/4Ni/Mn	Negro, subesférico y subredondeado
S-1645	7Ti/5Fe/2Si/2Al/Mn	Tabulares rectangulares y rómbicos, negros
S-1646	7Ti/6Fe/5Al/3Si/3P/Mn	Subesféricos, subang. a subredond., negros
S-1533	7Ti/5Si/- 5Al/4Fe/0.5K/Zn	Negro, irregular, muy anguloso, con micas
S-1405	7Ti/5Fe/Si/Al	Negro, subesférico, subanguloso
S-1775	7Ti/5Fe/5Si/4Al/Ca/Mn	Irregular, negro

### Rutilo

Cristaliza en el sistema tetragonal y se ha encontrado como fragmentos de cristales, angulosos y como granos subredondeados con coloraciones pardo rojizas. También como fragmentos de cristales prismáticos con terminaciones piramidales, pardo rojizas (con reflexiones rojizas "rutilantes") a negras (opacos), frecuentemente mostrando las típicas estriaciones longitudinales (lámina IV fotografías B a H).

Aunque su fórmula es esencialmente  $TiO_2$  comúnmente el hierro entra en su constitución en alguna cantidad denominándose nigrina a los rutilos ferríferos cuyo contenido en FeO alcanza o pasa el 20 %. Dada la gran similitud entre los radios iónicos del  $Ti^{4+}$  y los de  $Nb^{5+}$  y  $Ta^{5+}$ , algunos rutilos contienen considerables cantidades de  $(Nb, Ta)_2O_5$  que llega a alcanzar el 42 a 46 % (PARFENOFF *et al.*, 1970). Se denominan ilmenorutilo las especies

niobio ferríferas. En las variedades ricas en Ta el estaño se encuentra en cantidades moderadas, y pueden estar presentes el Cr y el V y Sc (PÉREZ MATEOS, 1965 y DEER *et al.*, 1989).

La mayoría de los rutilos identificados corresponden a rutilos ordinarios, de colores pardo rojizo pero, y sobre todo en la zona de Zarinas, hay rutilos negros ferríferos con presencia de niobio (S-2026 de la Fig. 16), muy similares al de la

fotografía H de la lámina IV) y también con cantidades importantes de Ta y Nb (Fig. 17 espectro S-1469) (ilmenorutilos o ¿intercrecimientos de rutilo con tantalita-columbita?).

Los espectros S-1770, S-1436 y S-1679 (Fig. 18, Fig. 19 y Fig. 20 respectivamente) son los más representativos de los obtenidos para los rutilos comunes en los análisis por dispersión de energías. Las diferencias más significativas se refieren a la menor o mayor presencia de Fe, y de Si y Al (inicio de leucoxenización).

En la Tabla 9 se recogen los espectros de dispersión de energías más significativos tanto de rutilos, como de rutilos con niobio y tántalo.

Varios fragmentos de cristales, con hábito prismático y no, de color negro, fueron analizados por difracción de RX y se obtuvo un espectro asignable a ilmenorutilo (muestra FERR-2 del APÉNDICE).

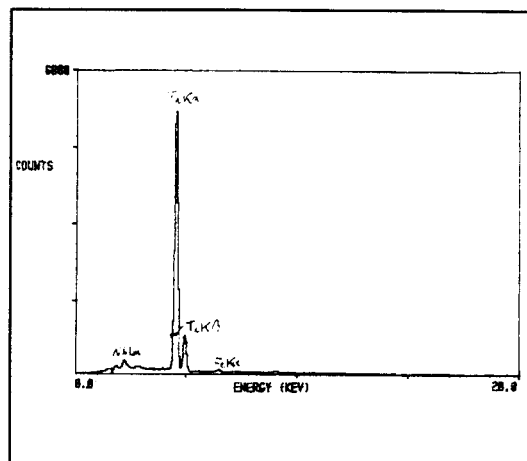


Fig. 16: Espectro S-2026

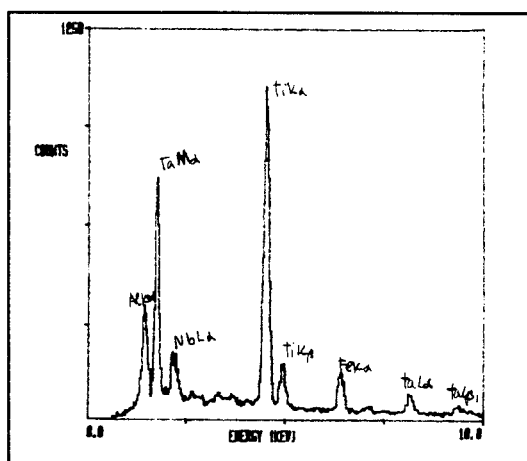


Fig. 17: Espectro S-1469

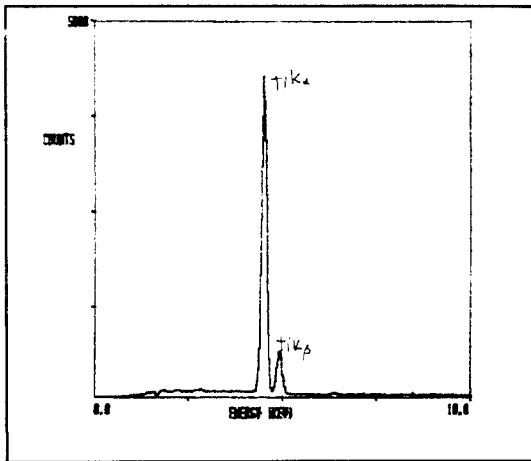


Fig. 18: Espectro S-1770

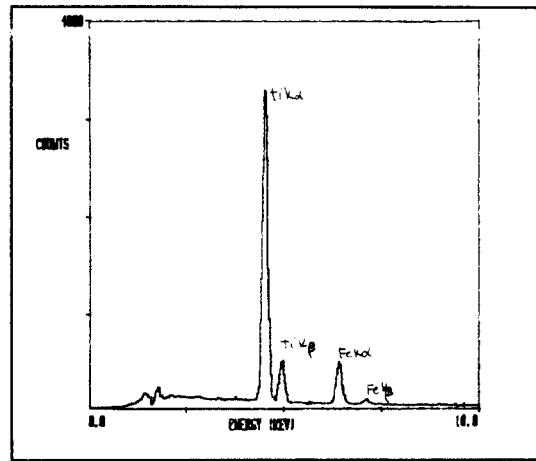


Fig. 19: Espectro S-1436

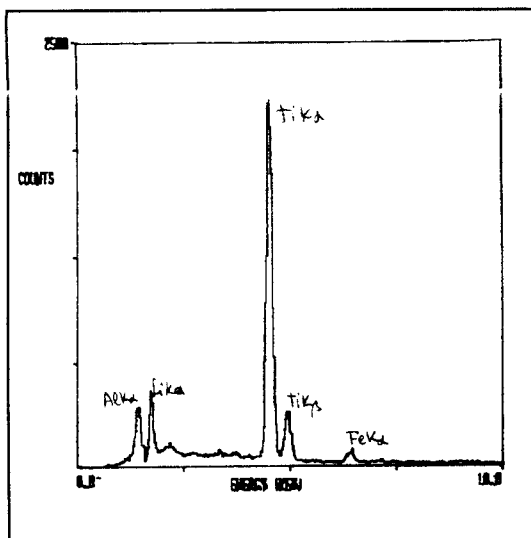


Fig. 20: Espectro S-1679

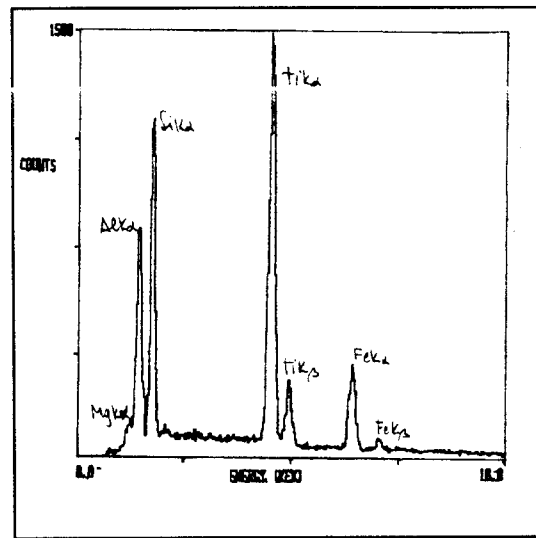


Fig. 21: Espectro S-1671

### Leucoxeno

El leucoxeno es una forma microcristalina del dióxido de titanio (rutilo, anatasa, broquita), y un producto de alteración de minerales de titanio, principalmente de la ilmenita (PÉREZ MATEOS, 1965).

Los granos identificados con seguridad (ver S-1671 en la Fig. 21) corresponden a pseudomorfos de ilmenita que presenta unos parches de tonos blanco-grisáceo (lámina V, fotografía A).

Los espectros de leucoxeno obtenidos muestran una importante presencia de Al y Si y son muy similares a los que se obtuvieron de algunos granos de ilmenita o de rutilo en los que, a la lupa binocular, no se han visto diferencias con los otros, entre ellos los que corresponden a los espectros S-1533 (ilmenita) y S-1679 (rutilo) de las Fig. 15 y Fig. 20.

### Anatasa

Cristaliza en el sistema tetragonal y se ha encontrado como cristales tabulares cuadráticos de colores pardos y negro azulado (lámina III fotografía D).

Aunque es esencialmente  $\text{TiO}_2$  puede tener pequeñas cantidades de Fe y Sn; se conocen variedades con Nb y Ta (DEER *et al.*, 1989).

### Broquita

La broquita cristaliza en el sistema Ortorrómbico y su composición es esencialmente  $\text{TiO}_2$ ; pero contiene usualmente una pequeña cantidad de  $\text{Fe}^{3+}$ . Es conocida una variedad que contiene Nb (DEER *et al.*, *op. cit.* y PARFENOFF *et al.*, 1970).

Aunque no se ha identificado ningún grano con suficiente seguridad como broquita por binocular sí se ha observado su presencia como granos de color amarillento en la fracción inferior a  $63 \mu\text{m}$  (montaje tipo "frottis" y observación al microscopio con luz transmitida).

### Titanita

La titanita cristaliza en el sistema monoclinico, y se han dado como tal los granos de la lámina IV fotografía A.

La composición de la titanita responde a la formula general  $\text{CaTi}[\text{SiO}_4](\text{O},\text{OH},\text{F})$  y las principales sustituciones son según DEER *et al.* (1989) el Ca por Na, REE y Th, Mn, Sr, (Ba); el Ti por Al,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , Mg, Nb, Ta, V, (Cr) y el O por OH, F, (Cl).

La sustitución del Ca por REE y Th implica una cierta sustitución del titanio por hierro y aluminio trivalentes. El titanio puede ser parcialmente sustituido por Sn, Nb y Ta con posible compensación del Na sustituyendo al Ca.

Los productos de alteración incluyen anatasa, frecuentemente junto con cuarzo, u ocasionalmente rutilo.

Ninguno de los espectros obtenidos parece corresponder a este mineral.



Tabla 9: Rutilo

Refer.	Composición elemental	Características
S-1770	7Ti	Granos irregulares angulosos a subesféricos redondeados de color pardo rojizo. Similares a los de las fotografías B y C de la lámina IV.
S-1436	7Ti/3Fe	
S-1679	7Ti/3Al/3Si/Fe	
S-1681	7Ti/Si/Al/Fe	
S-1482	7Ti/5Si/4Al/3Fe	
S-1471	7Ti/Fe/Si	
S-1447	7Ti/5Fe/1.5Zn/1.5Si/K/Al/Ca	Granos irregulares angulosos a subredondeados , negro grisáceos.
S-1449	7Ti/5Fe/Si/Zn/Mn	
S-1457	7Ti/Fe/Ni/Si/Al	Oscuros a negros
S-1481	7Ti/5.5Fe/Si/Al/S/Ca	

**Rutilos con niobio y tántalo**

S-1469	7Ti/3Ta/3Nb/3Fe/5Al	Irregulares angulosos, negros
S-1470	7Ti/5Ta/5Nb/5Fe	Similar a S-1469
S-1485	7Ti/5.5Ta/5Nb/5Fe/Ca	Fragmento de prisma negro
S-2026	7Ti/Fe/Nb	Fragmento de prisma negro

Tabla 10: Leucoxeno

Refer.	Composición elemental	Características
S-1777	7Ti/4Si/4Al	Granos irregulares angulosos a redondeados, aplanados, negros con "parches" y bordes negro grisáceos. Similares a los de la fotografía A de la lámina V.
S-1757	7Ti/5.5Si/5Al/Fe	
S-1671	7Ti/6.5Si/6Al/3Fe/Mg	
S-1688	7Ti/5Si/4Al/Fe/P	

### 2.6. COLUMBITA-TANTALITA

Los minerales del grupo columbita-tantalita cristalizan en el sistema ortorrómbico y tienen una composición química que responde a la fórmula general  $AM_2O_6$ , donde  $A = Fe^{2+}$ , Mn y Mg y  $M = Nb, Ta$ . Cantidades pequeñas de  $Fe^{3+}$ , Sc, Ti, Sn, W, Al, Ca, REE, U y Zr están presentes normalmente. Los términos finales de la serie incluyen:

- Ferrocolumbita  $FeNb_2O_6$
- Mangancolumbita  $MnNb_2O_6$
- Manganotantalita  $MnTa_2O_6$
- Magnesocolumbita  $MgNb_2O_6$

Los espectros, similares a S-1406 de la Fig. 22 y Tabla 11, responden a composiciones intermedias, tantalita - columbita (PARFENOFF *et al.*, 1970) con cantidades próximas de Ta y Nb, y pequeñas cantidades de Ti como principal impureza.

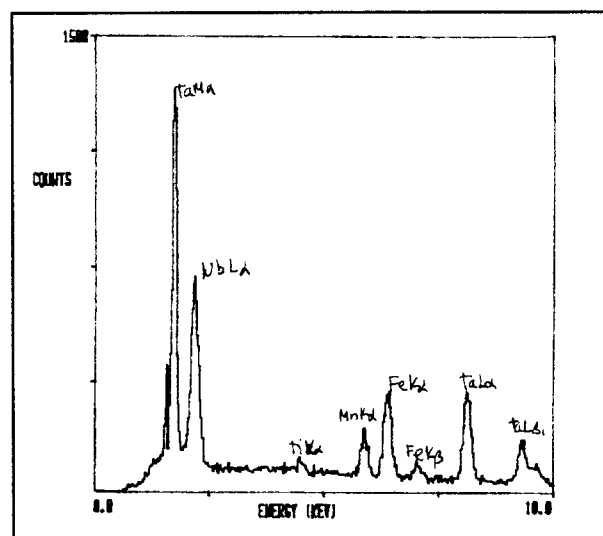


Fig. 22: Espectro S-1406

Tabla 11: Tantalita-columbita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1729	7Ta/6.5Nb/5.5Fe/2Mn/2Al?/Ti	Rectangular, anguloso, negro
S-1406	7Ta/6Nb/6Fe/3Mn/Ti	Irregular, anguloso, negro

## 2.7. MINERALES DE WOLFRAMIO

### Wolframita

La wolframita cristaliza en el sistema monoclinico.

Desde el punto de vista composicional este mineral tiene como formula general  $WO_4(Fe, Mn)$  y constituye una serie isomorfa continua entre los extremos denominados ferberita ( $FeWO_4$ ) de color negro y huebnerita ( $MnWO_4$ ) de color pardo. Puede presentar Nb y Ta así como Sc, Ti, V, Mo, Al e In (PARFENOFF *et al.*, *op. cit.*).

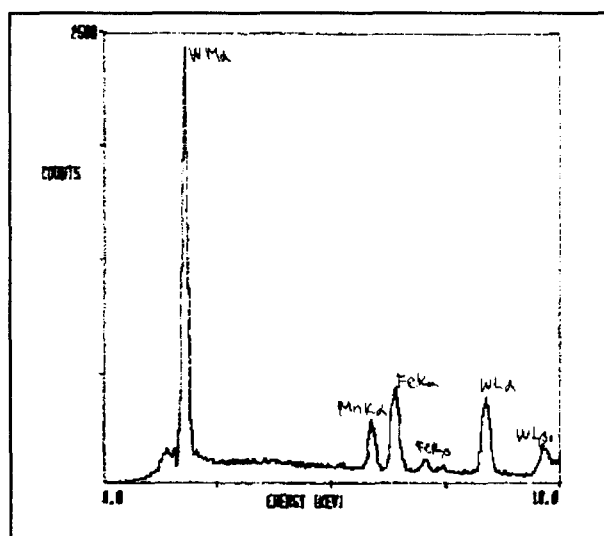


Fig. 23: Espectro S-1474

La wolframita identificada se presenta con hábito tabular y color negro, sin embargo no fue posible en la mayoría de los casos (granos subangulosos que no muestran exfoliación característica de la wolframita), distinguirla de la ilmenita ni de la tantalita-columbita.

Los espectros (Fig. 23 y Tabla 12), que muestran como principal impureza Al, corresponden a composiciones más próximas al término extremo rico en Fe (ferberita).

La presencia de K es debido probablemente a contaminación durante la manipulación del grano.

Tabla 12: Wolframita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1458	7W/5.5Fe/Mn	Irregular, subredondeado, negro
S-1474	7W/5Fe/3Mn	Placas, irregulares, negro
S-1773	7W/5.5Fe/4Al/Mn/K	Placas irregulares, negro

### Scheelita

La scheelita cristaliza en el sistema tetragonal.

Su composición responde a la fórmula  $WO_4Ca$  y aunque no se ha realizado análisis por microsonda de scheelita su presencia como granos irregulares angulosos de color blanco, se puso de manifiesto con ayuda de la lámpara UV (lámina V fotografía B).

## 2.8. CASITERITA

La casiterita cristaliza en el sistema tetragonal y se presenta normalmente en los sedimentos como granos irregulares, más o menos angulosos y como fragmentos de cristales simples o maclados.

Se han identificado granos translúcidos, en general irregulares y en ocasiones conservando parte de las terminaciones piramidales. Los colores varían desde blanco-amarillento, amarillento, marrón (en ocasiones como agregados de color marrón de casiterita de grano fino). Los más frecuentes son los colores negros y los colores claros y pardo-negros por zonas en un mismo grano (lámina V fotografías C y D respectivamente).

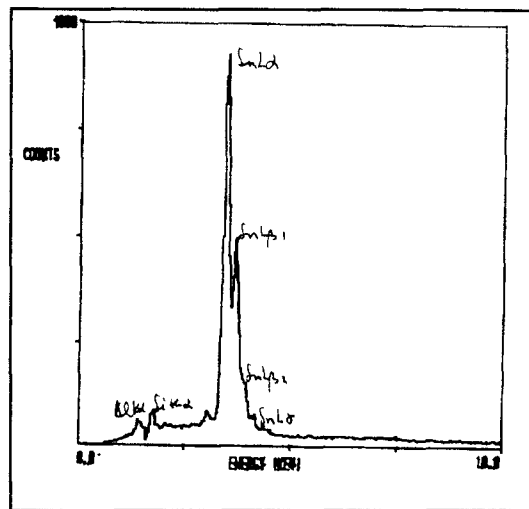


Fig. 24: Espectro S-1700

Aunque se han realizado algunas comprobaciones con microsonda, en general su identificación se ha realizado por medio del test del estaño (lámina V fotografía E).

Su composición es  $\text{SnO}_2$  y típicamente contiene Nb y Ta y cantidades apreciables de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  (hasta un 3 % de este último ión según BERRY & MASON, 1966), sustituyendo al Sn (PÉREZ MATEOS, 1965; PARFENOFF, 1970; HURLBULT, 1976; DEER *et al.*, 1989). La presencia de W y  $\text{SiO}_2$  ha sido citada (PÉREZ MATEOS, *op. cit.*). Pequeñas cantidades de MnO,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  han sido señaladas por DEER *et al.* (*op. cit.*). MARTÍN-IZARD (1991) señala la posible presencia en la casiterita de la mayoría de los elementos referidos (e indica la posibilidad de otros) bien como sustituciones isomórficas o como constituyentes de inclusiones minerales. Ninguno de los cationes señalados se ha constatado mediante los análisis de dispersión de energías realizados.

No se ha encontrado diferencia en la composición elemental en los espectros y por tanto nada asignable a las diferencias de aspecto observadas.

Las únicas impurezas encontradas son el Si y el Al como puede observarse en el espectro característico S-1700 (Fig. 24), y que corresponden seguramente a contaminaciones superficiales.

Tabla 13: Casiterita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1700	7Sn/Si/Al	blanco-amarillenta/negra, blanco-negro en zonas, marrón.

## 2.9. COMPUESTOS DE HIERRO

### Limonita

Limonita es un término que se aplica a óxidos hidratados de hierro, amorfos o pobremente cristalizados. Su composición responde a la fórmula  $FeO \cdot OH \cdot nH_2O$ , siendo la gohetita su principal componente mineral y, a veces, con lepidocrocita.

La limonita identificada se presenta en granos opacos, irregulares, con aspecto terroso, de colores amarillo-ocres a marrones (la superficie puede tener un color oscuro a casi negro) que se deshacen con facilidad. En ocasiones se presentan con hábitos cúbicos por pseudomorfismo de cristales de pirita (lámina V fotografía H), como

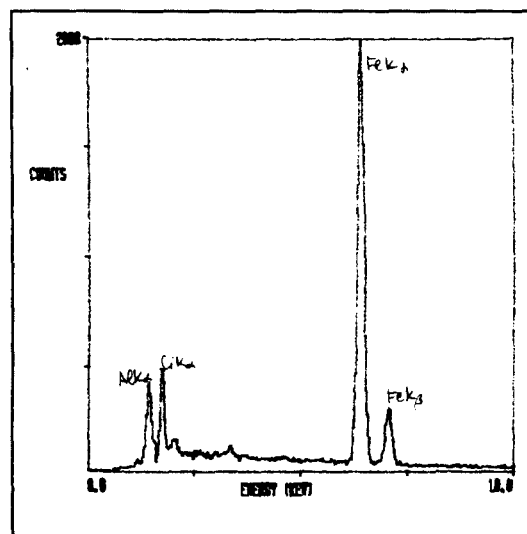


Fig. 25: Espectro S-1562

producto de alteración de granates (lámina II fotografía C) o en agregados escamosos de color pardo (lámina VII fotografía F) o pardo-rojizo por alteración de micas (biotitas fundamentalmente).

Los espectros (Fig. 25 y Tabla 14) muestran una composición elemental con predominio de hierro pero significan, en general, términos transicionales a partir de micas (biotitas pardas) y granates, con la característica riqueza en impurezas de la limonita que aportan otros elementos, fundamentalmente Si y Al tanto si proceden de alteración de biotita como de almandino. Otras impurezas menos frecuentes aportan K, Ti, Ca, Mg, Mn y P.

#### Hematites (= Oligisto, término en desuso)

Cristaliza en el sistema rómbico y se encontró en granos subredondeados, que muestran ocasionalmente un hábito hojoso (variedad especularita), y color negro a rojizo (lámina V fotografía F). Se han considerado como debidos a transiciones a este mineral algunos espectros correspondientes a alteraciones superficiales de biotita con colores rojizos (lámina VII fotografía E), como el espectro S-1842 (Fig. 27).

Es un mineral de hierro cuya composición química corresponde a la fórmula  $Fe_2O_3$ . Pequeñas cantidades de MnO y FeO pueden existir, mientras que la presencia de  $SiO_2$  y  $Al_2O_3$  probablemente este relacionada con impurezas. La existencia de  $TiO_2$  en cantidades importantes es debido probablemente a la presencia de intercrecimientos de ilmenita (DEER *et al.*, 1989).

La hematites criptocristalina contiene con frecuencia Al y Si como impurezas mecánicas. Por alteración se transforma en limonita (PARFENOFF *et al.*, 1970).

Los espectros (la Tabla 15 sólo incluye algunos que corresponden a granos muy puros) muestran composiciones próximas a las de las biotitas de las que proceden pero con predomi-

nio de Fe, por lo que deben considerarse como transiciones de micas a compuestos de hierro.

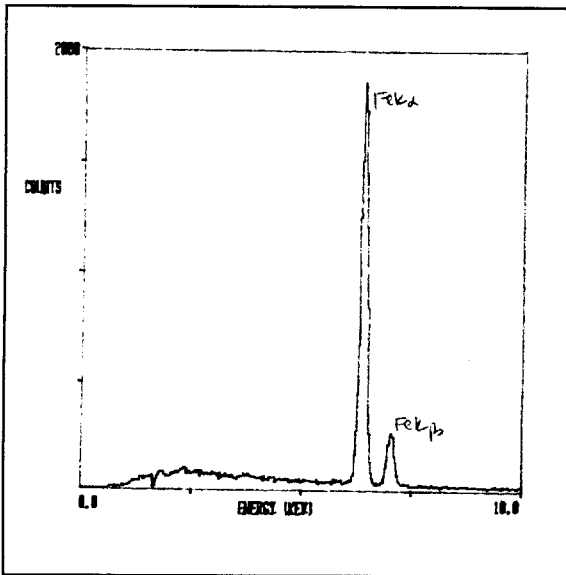


Fig. 26: Espectro S-1828

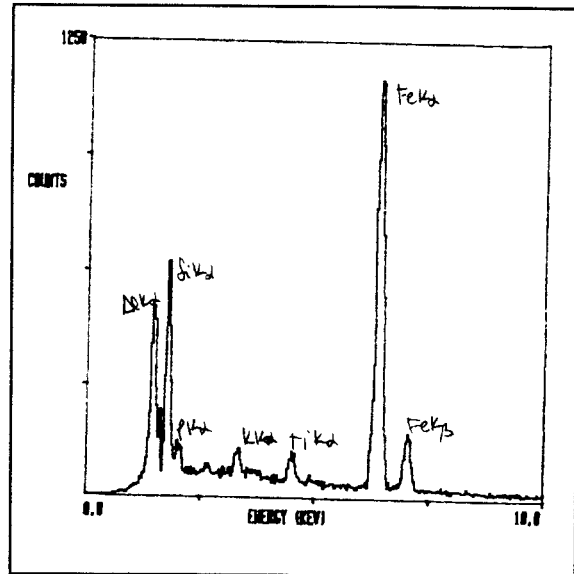


Fig. 27: Espectro S-1842

### Pirita

Se ha identificado algún grano de pirita que mantiene su hábito cubico pero está pseudomorfizada por limonita (color pardo amarillento a amarillo-ocre) (lámina V fotografía H) y otros granos irregulares (lámina VI fotografía A).

Los espectros obtenidos de este mineral (Fig. 28) muestran, además de la composición básica de la pirita,

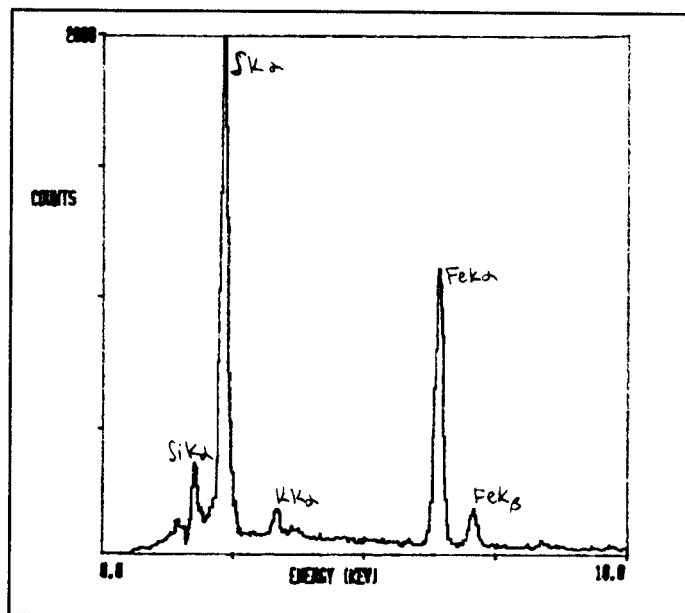


Fig. 28: Espectro S-1479



la composición básica de la pirita, impurezas posiblemente debidas a adherencias arcillosas o micaceas.

### Magnetita

La magnetita cristaliza en el sistema isométrico y se presenta generalmente en forma de octaedros, o dodecaedros con caras estriadas. En los sedimentos aparece como cristales o fragmentos de cristales o como granos angulosos o muy bien redondeados. Su composición responde a  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-FeO}$  pero puede contener  $\text{TiO}_2$  en la variedad titanomagnetita. El  $\text{Fe}^{2+}$  puede ser sustituido en pequeñas cantidades por magnesio y manganeso divalente, mientras que el  $\text{Fe}^{3+}$  puede serlo por Al, Cr y  $\text{Mn}^{3+}$

Los granos identificados (lámina V fotografía G) se presentan como granos irregulares angulosos, en algún caso con tendencia octaédrica, de color negro y que al ser atraídos por un imán o atraerse entre ellos y al alfiler con el que se manipulan facilita su identificación. El espectro S-1478 (Tabla 17) indica sustitución parcial de hierro por cromo.

Tabla 14: Limonita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1557	7Fe/5.5Al/2Si	Amar., terroso, de almand.
S-1787	7Fe/Al/Si	Pardo amarill., terroso
S-1562	7Fe/4Si/4Al	Pardo amarill., terroso
S-1567	7Fe/5.5Si/5Al	Pardo amarill., terroso
S-1569	7Fe/7Si/6Al/5K	Pardo amarillento, escamas
S-1799	7Fe/6Si/5.5Al/K	Pardo amarill., terroso
S-1559	7Fe/3Al/Si/P	Amar., terroso, de almand.
S-1751	7Fe/5.5Al/5Si/4P	Pardo amarill., terroso
S-1568	7Fe/6Si/5Al/2K/2Ti	Pardo amarillento, escamas
S-1793	7Fe/5Si/5Al/Mg/K	Parda de mica, laminar
S-1840	7Fe/7Si/6Al/4Ca/4Mg/K/P	Parda de mica
S-1160	7Fe/5.5Al/4Si/P/Ca	Rojiza a amarillento
S-1165	7Fe/7Al/5.5Si/3P/Mn	Pardo oscuro
S-1199	7Fe/6Si/5.5Al/P/Mg/Ti	Pardo amarillento, escamas

Tabla 15: Hematites

Refer.	Composición elemental	Características
S-1828	7Fe	Oscura a negra, laminar
S-1826	7Fe/4Si	Rojizas, de biotita, y laminares
S-1452	7Fe/Si	
S-1842	7Fe/6Si/6Al/Ti/K/P	

Tabla 16: Pirita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1479	7S/5.5Fe/4Si/K	Granos irregulares como el de la fotografía VI-A; superficies mates oxidadas.
S-1480	7S/6.5Fe/5Si/5K/4Al	

Tabla 17: Magnetita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1478	7Fe/5Cr/3Cl/Ca/Ni?	Negro subanguloso

## 2.10. MINERALES DE LAS TIERRAS RARAS (REE)

### Monacita

La monacita es un fosfato de cerio y tierras raras que cristaliza en el sistema monoclinico y según describen PARFENOFF *et. al.* (1970, pág. 428) a las monacitas presentes en los sedimentos "se suele presentar en los sedimentos como cristales generalmente tabulares o en fragmentos de cristales, en granos más o menos rodados que conservan todavía los contornos cristalinos, granos totalmente rodados, ovoides o como elipsoides aplastados. Sus colores pueden ser marrón amarillento, rojizo, amarillo, verde; a veces gris o negro".

En la lámina VIII (fotografías G y H) se recoge el aspecto de dos nódulos de las denominadas monacitas grises y en la Fig. 29 la zonalidad composicional obtenida mediante análisis de un nódulo similar con microsonda electrónica. Estos granos se incluyen como referencia ya que provienen de los depósitos Terciarios del Bierzo y no de las zonas estudiadas.

En las muestras estudiadas se encuentran ejemplares con formas cristalinas prismáticas (automorfas a subautomorfas) tabulares según {100} o alargadas según el eje b, no siendo raros los cristales bien terminados. También como granos redondeados ovoides pero más frecuentemente como granos subredondeados elipsoidales que conservan contornos cristalinos. Los granos de mayor

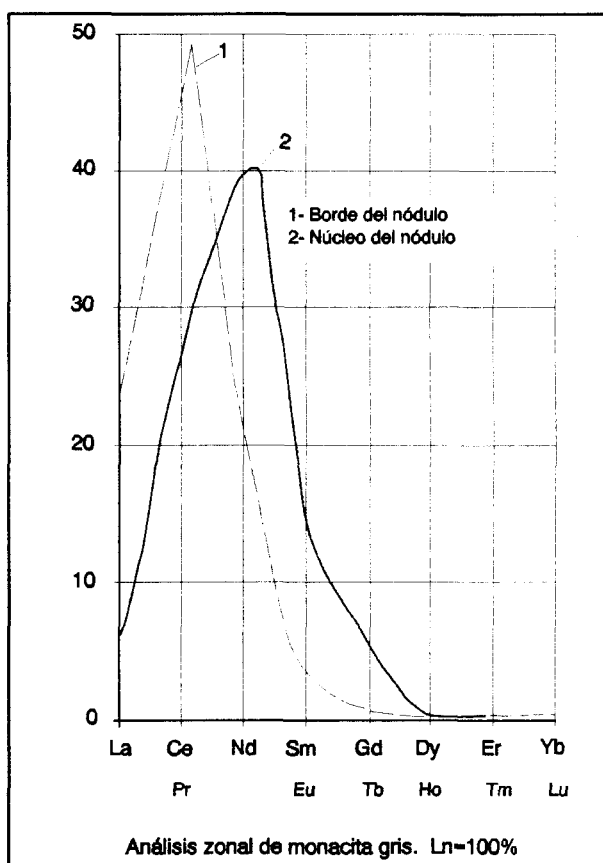


Fig. 29: Distribución de elementos en un nódulo de monacita gris.

tamaño suelen presentarse con formas irregulares, pero en ocasiones subautomorfas (lámina IX y lámina X fotografías A, B y C).

Los granos encontrados varían desde prácticamente incoloros, a amarillo, amarillo-verdosos, verdosos, rojizos a color avellana, crema, anubarrados a blancos en los granos pequeños. En granos más gruesos, los colores observados fueron el amarillo, verde y crema a blanco (anubarrados). No se ha encontrado una relación causal clara entre las distintas coloraciones y los cationes obtenidos en los espectros, si bien, FERNÁNDEZ GONZÁLEZ *et al.* (1992) indican la influencia del hierro en las coloraciones rojo-marrones en contraposición de su falta en los colores verdes.

Las monacitas blancas parecen originarse por alteración generalizada ya que se han observado anubarramientos blancos y blanco-amarillentos más o menos intensos en otras coloraciones. PARFENOFF *et al.* (1970) y PÉREZ MATEOS (1965) indican que las manchas marrones o amarillentas opacas se deben a los productos de alteración que son complejos ricos en cerio.

La transparencia de los granos varía desde transparentes a translúcidos (en los granos anubarrados) y opacos en algunos granos con coloraciones marrón-amarillentas, rojo-avellana y blanca.

En los granos mayores (1 mm a 0,5 mm) se observa mejor el brillo graso y la fractura subconcoidal e incluso en escalera. También las caras rugosas o estriadas (lámina IX fotografías F, G y H).

La composición química responde a la formula general (Ce, La)PO<sub>4</sub>. El Th suele sustituir parcialmente a las REE y el balance de cargas se cree que se mantiene por sustitución del P<sup>5+</sup> por Si<sup>4+</sup> (CLARK, 1984; DEER, *et al.*, 1989) siendo el balance de cargas LREE<sup>3+</sup> + P<sup>5+</sup> —> Th<sup>4+</sup> + Si<sup>4+</sup>. Los porcentajes de oxidos de REE, sobre todo de Ce y La, pueden alcanzar

el 50 a 68 % y los de  $P_2O_5$  varían hasta el 22 % e incluso el 31,5 % (PARFENOFF *et al.*, *op. cit.*). El  $ThO_2$  puede llegar al 10 % (hasta el 12 % o 13 % de  $ThO_2$  según CLARK, *op. cit.* o DEER *et al.*, *op. cit.*).

Como transición hacia cheralita  $(Ca,Ce,Th)(P,Si)O_4$  el contenido en  $ThO_2$  puede alcanzar el 28 %. (PARFENOFF *et al.*, *op. cit.*; WADIA & FERNANDO, 1945 en CESBRON, 1986), el 30 % (DEER *et al.*, *op. cit.*) o el 31,5 % (BOWIE & HOME, 1953 en CESBRON, *op. cit.*).

Las monacitas tienen fuerte selectividad por los elementos de tierras raras ligeras (LREE) y aceptarán preferentemente en su estructura iones de REE con radio atómico entre los del La y el Eu pudiendo acomodar iones con radio entre los del Ce y el Ca (UEDA, 1967 y JENSEN, 1967 en CLARK, 1984).

Según CESBRON, (1986) existe un amplio rango de posibles sustituciones de REE no solo entre ellas sino por Ca como más frecuente seguido, en orden decreciente, por Th, U, Na, Fe, Sr, Pb y Ba y luego por Zr, K, Mn, Sc, etc. Señala también la existencia de una serie composicional continua entre la monacita y la cheralita y una serie limitada entre la monacita y la huttonita  $ThSiO_4$ , que para DEER *et al.* (1989) puede ser continua ( $Th^{4+} + Si^{4+} \longrightarrow Ce^{3+} + P^{5+}$ ). La monacita es isoestructural con los dos minerales anteriormente citados.

Un análisis elemental (por fluorescencia de RX) de una muestra de monacita de una de las zonas estudiadas (Zarinas) indica la presencia de la totalidad de los REE pero con un contenido en tierras raras ligeras o céricas (LREE) que constituyen la práctica totalidad de los REE. Además de la presencia de Y (1,3 %) y Th (2,3 %) se obtuvieron pequeñas cantidades de Zr, U y Se.

Los granos que han dado espectros del tipo 5 (Tabla 18) son los más frecuentes y si bien se han analizado muchos más granos de Zarinas, nada indica diferencias significativas en la tipología de las monacitas de una u otra área.

Las posibles sustituciones puestas de manifiesto en el estudio realizado mediante análisis por microsonda con dispersión de energías (por tanto esencialmente cualitativos), deben tomarse como indicativas a falta de estudios más detallados. En las monacitas estudiadas los LREE podrían estar parcialmente sustituidas por Th, Ca y Fe y el P estaría sustituido por Si.

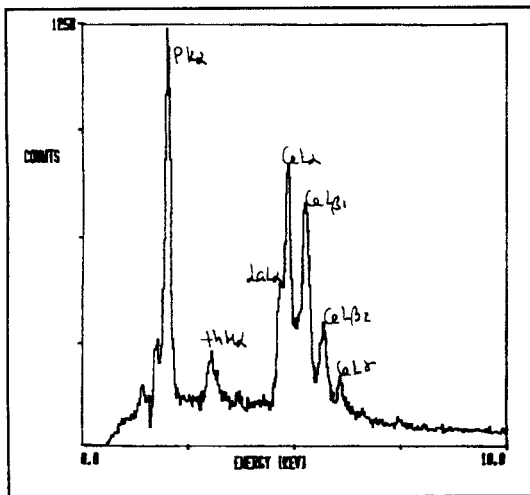


Fig. 30: Espectro S-1411

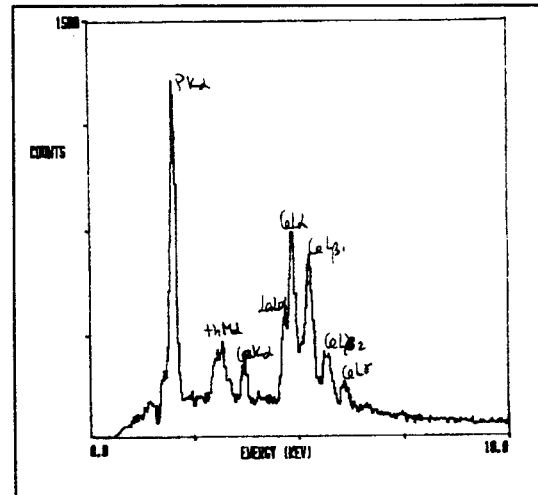


Fig. 31: Espectro S-1412

La frecuente presencia de Si puede asignarse, en primera instancia, a la sustitución de P por el hecho ya señalado de la presencia de Th sustituyendo a los LREE como se observa en la totalidad de los espectros obtenidos.

El Ca que sustituye a pequeñas cantidades de LREE se ha obtenido en gran número de espectros. El balance de las cargas podría ser conseguido según  $2LREE^{3+} \rightarrow Ca^{2+} + (Th,U)^{4+}$  (CESBRON, 1986).

La presencia de Al detectado en algunos espectros podría responder a una sustitución similar a la indicada por CESBRON, (1986) para los LREE por el Ca en la estructura de la serie epidota-allanita,  $REE^{3+} + Fe^{2+} \rightarrow Ca^{2+} + Al^{3+}$ .

El espectro S-1819 (Fig. 34) registra un contenido muy alto en Si, Al y Fe posiblemente debido a contaminación.

En cualquier caso, la presencia de Si, Al, Fe y Ca suelen también deberse a la existencia de contaminaciones al menos en parte.

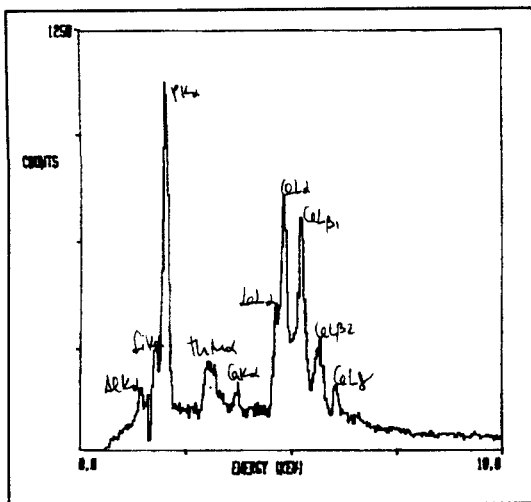


Fig. 32: Espectro S-1822

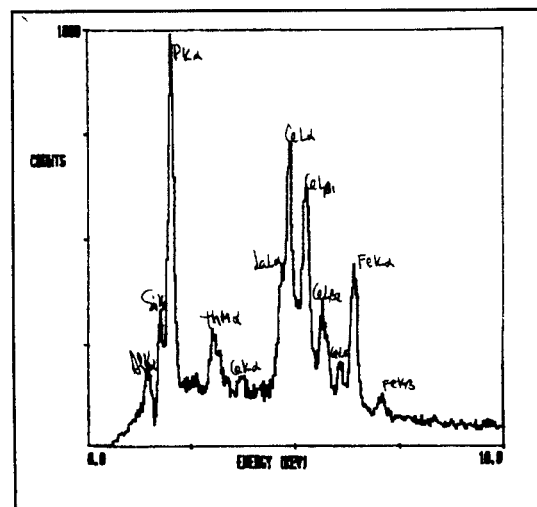


Fig. 33: Espectro S-1440

En la Tabla 18 se incluyen, con la notación significativa, algunos ejemplos de las composiciones obtenidas por microsonda (dispersión de energías) y que se han agrupado según los elementos detectados.

- |                         |                           |                             |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1- P-CE-LA-TH           | 2- P-CE-LA-TH-SI          | 3- P-CE-LA-TH-SI-AL         |
| 4- P-CE-LA-TH-SI-AL-FE  | 5- P-CE-LA-TH-CA          | 6- P-CE-LA-TH-CA-SI         |
| 7- P-CE-LA-TH-CA-SI-AL  | 8- P-CE-LA-TH-CA-SI-AL-FE | 9- P-CE-LA-TH-CA-FE-(SI-AL) |
| 10- P-CE-LA-TH-CA-FE-SI |                           |                             |



Un grano de monacita fue analizado con la microsonda electrónica con el método de dispersión de longitudes de onda. Previamente se investigó la presencia de U y Si, con resultado negativo, y la de tierras raras detectándose La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd y Dy.

Dadas las dimensiones del grano (70  $\mu\text{m}$  x 20  $\mu\text{m}$ ) se realizaron tres análisis: uno en el centro y los otros dos en cada extremo. Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 19, y el espectro representativo se entrega en la Fig. 35 en la página 62.

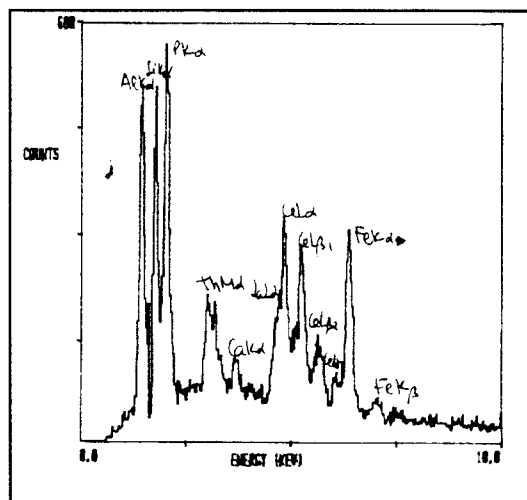


Fig. 34: Espectro S-1819

Estos resultados no indican variaciones significativas de composición entre las áreas analizadas. Los bajos contenidos totales obtenidos se deben, probablemente, a las tierras raras por las fuertes interferencias entre ellas.

Un análisis químico, por fluorescencia de RX, de la monacita de la muestra M-7 dio una composición similar a la obtenida por análisis con microsonda electrónica. Se trata de monacitas amarillas del tipo de composiciones céricas intermedias [monacita-(Ce)], con contenidos interesantes en Nd y Eu. Los contenidos en  $\text{Y}_2\text{O}_3$  están en un 2 % y los de  $\text{Th}_2\text{O}_3$  en un 8-10 % del total de óxidos de tierras raras (REO) (incluyendo los óxidos de Y y de Th).

En la Tabla 20 se comparan las composiciones de la monacita de Zarinas, analizada por fluorescencia de RX y con microsonda electrónica, con contenidos medios, tanto de monacita amarilla como gris, tomados de la bibliografía.

Las dos columnas bajo el epígrafe de monacita amarilla, corresponden a los mismos datos, haciendo en la columna de la derecha la suma de óxidos de REE igual a cien.

Tabla 18: Monacita

G	Refer.	Composición elemental	Características
1	S-1411	7P/6Ce/4La/3Th	Amarilla-rojiza
2	S-1417	7P/6Ce/4La/3Th/Si	Amarilla-verdosa
3	S-1524	7P/5.5Ce/5.5Si/5La/5Al/Th	Rojiza-avellana
4	S-1422	7P/6Ce/4La/3Th/Si/Al/Fe	Amarilla-verdosa
5	S-1412	7P/6Ce/4La/3Th/Ca	Amar-roja/verde/anub.
	S-1844	7P/6Ce/4La/4Ca/3Th	Amarilla
6	S-1414	7P/6Ce/4La/3Th/Ca/Si	Amarilla-verdosa
	S-1504	7P/6Ce/4La/3Th/3Ca/Si	Amarilla
	S-1525	7P/5.5Ce/4La/3Th/2Si/Ca	Rojiza
7	S-1809	7P/6Ce/4La/3Th/2Si/2Al/2Ca	Verde
	S-1815	7P/6Ce/5Si/5Al/4La/4Ca/3Th	Rojiza
	S-1822	7P/6Ce/4La/3Th/Al/Si/Ca	Amarilla/incolora
8	S-1819	7P/7Al/7Si/6Ce/5.5Fe/4La/4Ca/3Th	Marrón-amarill./anub.
	S-1408	7P/6Ce/4La/3Th/3Fe/Ca/Si/Al	Amarilla-(rojiza)
9	S-1440	7P/6.5Ce/5La/5Fe/2Th/Ca/Si/Al	Amarilla-(rojiza)
	S-1512	7P/5.5Ce/4La/5Ca/3Th/3Fe/Si/Al	Amarilla-rojiza
10	S-1509	7P/6Ce/4La/3Th/Ca/Fe/Si	Amarilla

Tabla 19: Resultados (%) del análisis cuantitativo de monacita, de la Zona Zarinas, con microsonda electrónica (método de dispersión de longitudes de onda).

Óxidos	Arriba	Centro	Abajo	Promedio
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30,2	30,9	29,2	30,1
CaO	0,5	0,4	0,5	0,5
ThO <sub>2</sub>	7,2	6,7	6,1	6,7
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,4	11,8	11,5	11,9
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,4	26,2	27,1	26,9
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,9	3,2	3,3	3,1
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,0	11,6	12,0	11,9
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,9	1,8	1,9	1,9
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,7	2,0	1,9	1,9
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6	0,9	0,7	0,7
Total	96,8	95,5	94,2	95,6

Tabla 20: Tipo composicional de las monacitas de Zarinas

COMPARACIÓN ENTRE VARIAS COMPOSICIONES DE MONACITAS					
REO	Monac. amarilla (64 muestras)*		Monacita gris (31 muestras)*	M-7 (FRX)	M-7 (Microsonda)
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,93	22,94	19,06	20,60	21,05
CeO <sub>2</sub>	40,47	46,59	45,00	46,40	46,51
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,68	5,39	5,43	5,50	4,92
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,62	20,28	23,66	18,30	20,37
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,09	4,71	3,91	4,00	3,23
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,17	
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				2,80	2,89
Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,41	
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,20	1,02
Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,12	
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,38	
Tm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,07	
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,03	
Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,05	
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,075	0,086	0,596		
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,38		1,01		
Th <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,76		1,34		
TOTAL	100,00	100,00	100,00	99,03	99,99

\* Fuente: DONNOT, *et al.* (1973)

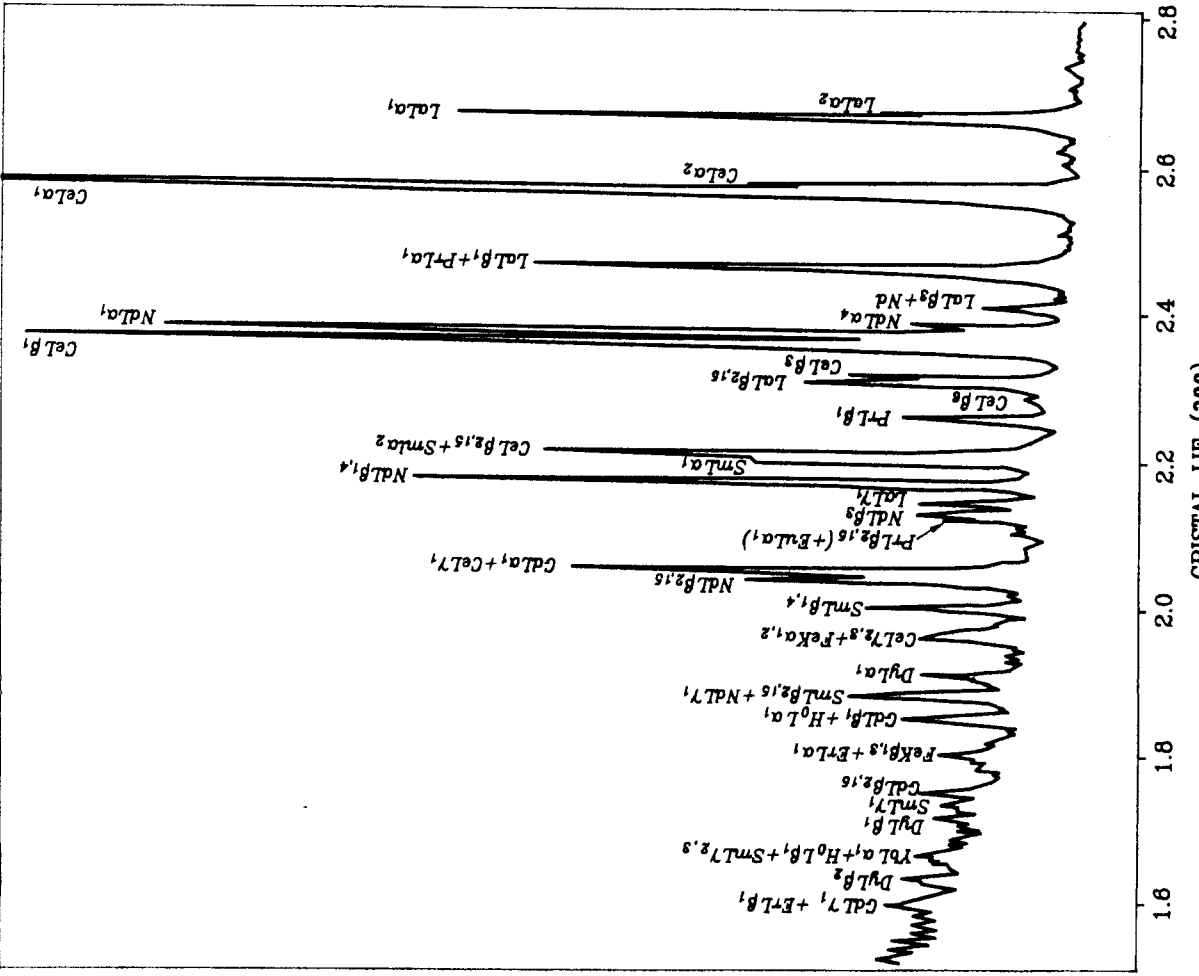
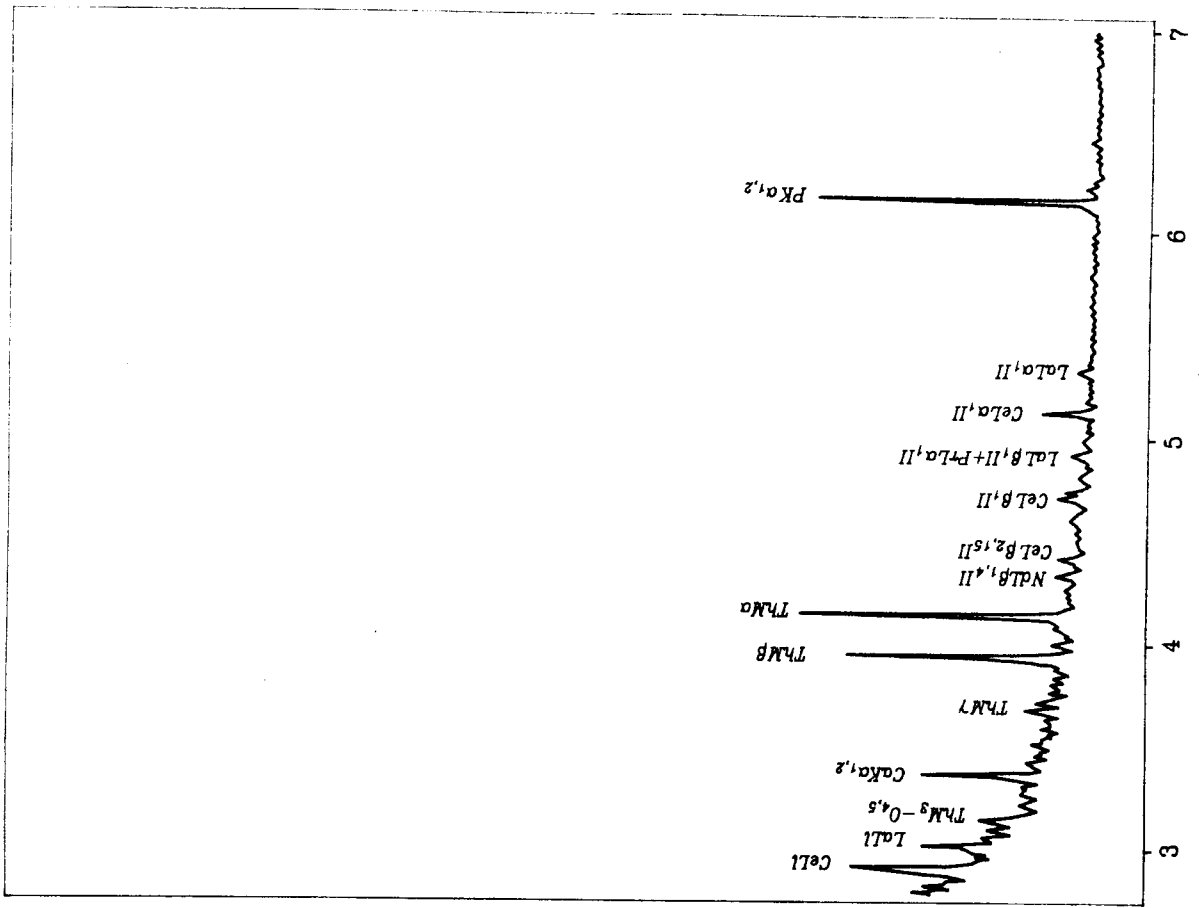


Fig. 35

**Xenotima**

La xenotima, es un fosfato de itrio y REE y suele aparecer asociada a la monacita en los aluviones. Cristaliza en el sistema tetragonal y es isoestructural con el circón con el que puede confundirse. Es el mineral más común en el sistema  $YPO_4$ (xenotima)- $YAsO_4$  (chernovita)- $YVO_4$  (wakefieldite) y forma al menos una serie de solución sólida parcial con la chernovita. Es un mineral selectivo de Y y tiene como REE más abundantes el Yb o el Dy y presencia de Er y Gd

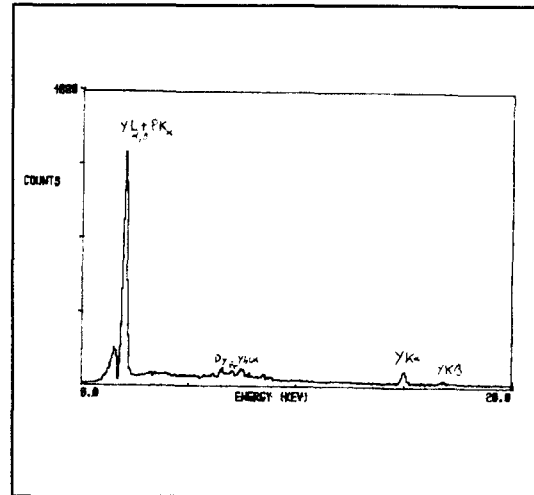


Fig. 36: Espectro S-2029A

(GRAESER *et al.*, 1973 en CLARK, 1984) y además otros elementos tales como el U, Zr, Si, Th, Ce, Fe, etc. (PARFENOFF *et al.*, 1970). Dado el método de análisis utilizado sólo se han detectado aquellos elementos más frecuentes y abundantes en las xenotimas.

La xenotima identificada se presenta como cristales o fragmentos de cristales en ocasiones con habito octaédrico, opacos, de colores pardo-amarillentos, verde-amarillentos, y amarillo-verdosos a pardos.

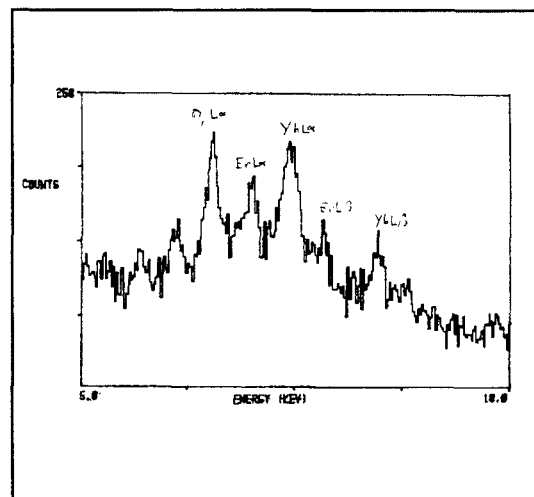


Fig. 37: Espectro S-2029B

Los espectros obtenidos muestran la presencia de elementos de tierras raras pesadas (HREE) con predominio de las ya señaladas y la presencia de Ca probablemente sustituyendo a

LREE. El espectro de la Fig. 36 y la Fig. 37 (el S-2029B es una ampliación de la zona central del S-2029A) corresponde a fragmentos de cristales amarillo-verdosos y el S-1758 a un cristal con hábito octaédrico (lámina X fotografías D y E respectivamente).

Tabla 21: Xenotima

Refer.	Composición elemental	Características
S-1498	7P/6Y	Pardo-amarillento
S-1494	7P/6Y/Ca	Amarillo-verdosa ovoide
S-1499	7P/6Y/Dy/Yb/Er	Pardo-amarillento
S-1758	7Y/6P/Yb/Er/Dy/Gd	Octaédrico, pardo-amarillento
S-2029	7P/7Y/Dy/Yb/Er/Gd	Amarillo-verdosa

### 2.11. CIRCÓN

El circón es un mineral muy frecuente en los aluviones dada su alta resistencia a la alteración.

Cristaliza en el sistema tetragonal adoptando muy frecuentemente hábitos prismáticos bipiramidados que en muchos casos se conservan o aparecen como fragmentos prismáticos poco redondeados en los circones de aluvión. Con dichos hábitos se encuentran, predominantemente, en las muestras estudiadas.

Se han encontrado circones transparentes incoloros, y translúcidos a opacos con coloraciones blanco lechoso y, sobre todo, marrones (variedad malacón) (lámina X, fotografías G y H).

Los circones se localizan principalmente en las fracciones de menor tamaño, y la variedad malacón marrón es la que se ha encontrado como fragmentos y cristales de mayor tamaño (hasta 1 mm).

En algunos de los espectros de dispersión de energías que indican la composición del circón ( $ZrO_2$ ) se detecta Hf, supuestamente presente, en mayor o menor cantidad, en todos los granos. Varios espectros muestran presencia de Fe, Ti, Al y K debido a impurezas.

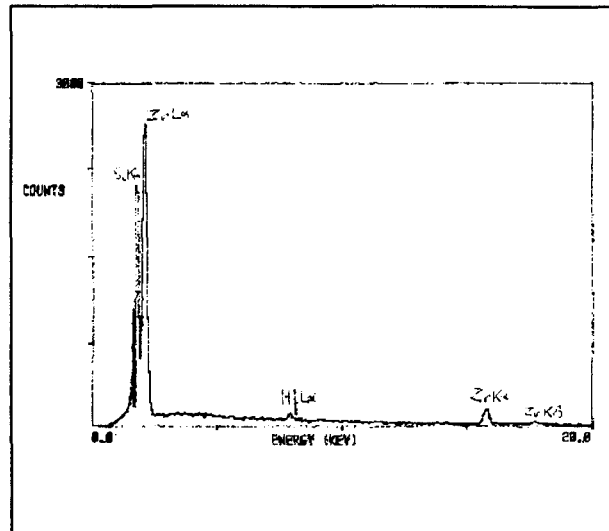


Fig. 38: Espectro S-2022

Todos los espectros indican una baja relación Hf/Zr y no se detectan cantidades significativas de otros elementos tales como

Sn, Nb, Ta, Y etc., que podrían ser utilizados en estudios de procedencia (DEER *et al.*, 1989, pág. 15). El espectro de la Fig. 38 (S-2022) corresponde a la variedad denominada "malacón".

Tabla 22: Circón

Refer.	Composición elemental	Características
S-1711	7Zr/7Si	Prismas transp. incoloros
S-1658	7Zr/7Si/Hf/Fe	Subredondeado, transp.
S-1500	7Zr/7Si/Ti	Prismas incol. manchas rojas
S-1520	7Zr/6Si/Fe	Prismas incol. manchas rojas
S-2022	7Zr/6Si/Hf	Prismas translúcidos a opacos, marrones (malacón). Corresponden a cristales como los de la fotografía H en la lámina X.
S-2023	7Zr/7Si/Hf/Fe	
S-2025	7Si/6.5Zr/5Al/5Fe/2Hf/2K	

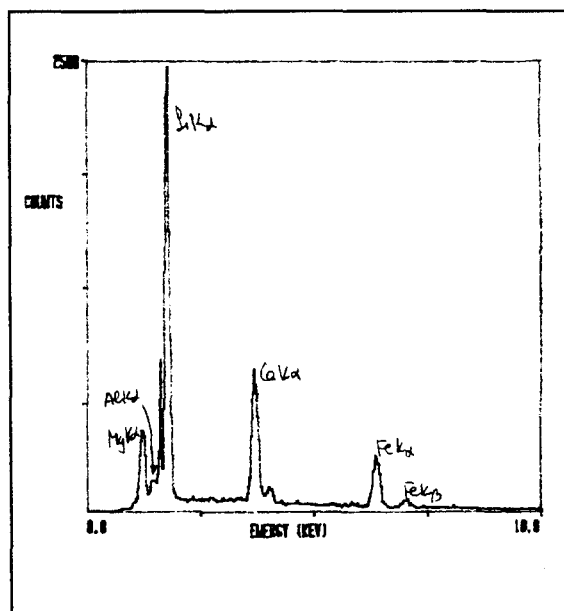


### 2.12. DIÓPSIDO-HEDENBERGITA

La serie diópsido-hedenbergita pertenece al grupo de los piroxenos monoclinicos, serie isomórfica continua  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$  (diópsido) -  $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$  (hedenbergita).

Se han localizado muy pocos granos, de pequeño tamaño, y que se presentan con un hábito ovoide, subredondeados y de color verde, translúcidos (lámina VI fotografía E).

El  $\text{Fe}^{2+}$  puede reemplazar al Mg en todas las proporciones. El Al, normalmente en menos del 10 % (DEER *et al.*, 1989), puede sustituir al Mg y al Si, y pueden hallarse Na, Mn,  $\text{Fe}^{3+}$  y Ti (HURLBULT, 1976).



Los espectros obtenidos muestran una **Fig. 39: Espectro S-1833**

composición intermedia en la serie pero con predominio de Mg, lo que corresponde a términos más próximos al diópsido. Como impurezas aparece Ti en una de las muestras y muy poca presencia de Al. En la Fig. 39 se muestra un espectro característico de este mineral.

**Tabla 23: Diópsido-Hedenbergita**

Refer.	Composición elemental	Características
S-1833	7Si/5Mg/5Ca/2Fe/Al	Verde claro, transparente
S-1843	7Si/6Ca/5Ti/5Mg/4Fe/Al	

2.13. SERIE DE LAS ESPINELAS

Los minerales de la serie de las espinelas cristalizan en el sistema isométrico y su composición química responde a la fórmula más general  $Al_2O_3-MO$  en la cual M puede ser Mg ( $Al_2O_4Mg$  es la espinela "sensu stricto"),  $Fe^{2+}$  (hercinita), Zn (gahnita), Mn (galaxita) y ocasionalmente Ni con posibles reemplazamientos, parciales o totales, entre estos metales y del Al por Cr y/o  $Fe^{3+}$ .

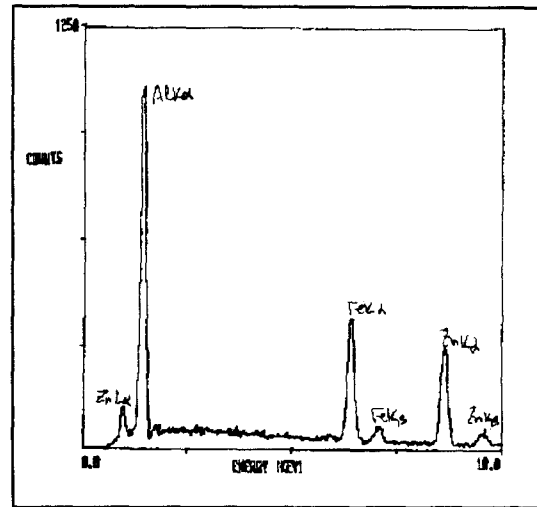


Fig. 40: Espectro S-1507

Es un mineral frecuente en los depósitos detríticos dada su alta resistencia a la abrasión, manteniendo bordes angulosos incluso después de transportes largos.

Se han identificado algunos granos de pequeño tamaño de forma ovoide, subredondeados y de color verde (lámina VI fotografía D). Sólo se ha obtenido un espectro de espinela verde y presenta sustitución total del Mg por hierro ferroso (lo que le da el color verde) y cinc por lo que correspondería a un término intermedio entre hercinita y gahnita.

El espectro S-1507 de la Fig. 40 corresponde a granos como los de fotografía D de la lámina VI.

Tabla 24: Espinelas

Refer.	Composición elemental	Características
S-1507	7Al/5Fe/5Zn	Subredondeado, verde, transparente

### 2.14. TOPACIO

Cristaliza en el sistema ortorrómbico y se han identificado como tales granos irregulares, angulosos, transparentes, de color amarillo claro (lámina VII fotografía A) y cuyo espectro característico es del tipo del S-1696 (Tabla 25). Este espectro es muy similar al obtenido a partir de minerales silicoaluminosos tales como andalucita, y sillimanita (ver el espectro S-1660 de la Fig. 10).

La composición,  $Al_2[SiO_4](OH,F)_2$ , es muy constante y las mayores variaciones se producen en las relaciones de OH y F (DEER *et al.*, 1989).

Tabla 25: Topacio

Refer.	Composición elemental	Características
S-1696	7Al/6Si	Amarillo, irregular, transparente

### 2.15. CUARZO

El espectro típico del cuarzo es como el S-1791 (Fig. 41); análogamente, algunos espectros indican contaminaciones por otros elementos tales como Fe, Ti y K, y que, al menos en algún caso, se deben a la existencia de micas adheridas (espectros S-1224 y S-1240 en la Tabla 26).

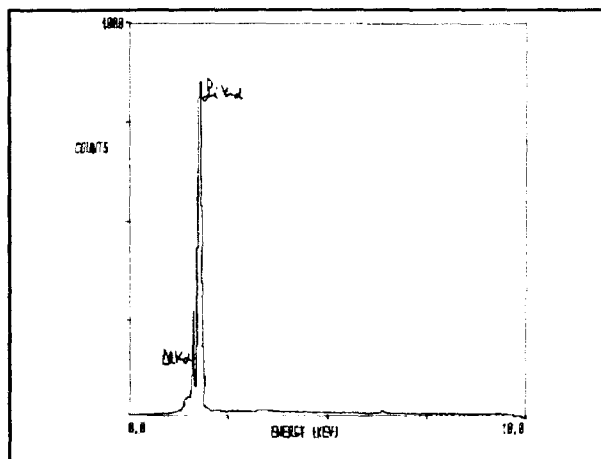


Fig. 41: Espectro S-1791

Tabla 26: Cuarzo

Refer.	Composición elemental	Características
S-1791	7Si/Al	Blanco lechoso a transparente y, en ocasiones, con manchas amarillentas y con micas adheridas.
S-1759	7Si/Fe	
S-1224	7Si/6.5Al/4Fe	
S-1240	7Si/5Al/K/Ti	

2.16. FELDESPATOS

La mayoría de los feldespatos pueden ser clasificados como miembros del sistema ternario  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , composiciones denominadas respectivamente de feldespato sódico, potásico y cálcico.

Los feldespatos identificados corresponden a composiciones potásicas (ortosa o microclina).

Su composición responde a la fórmula  $\text{K(AlSi}_3\text{O}_8)$  y puede contener Na, Ca o trazas de Fe (PARFENOFF *et al.*, 1970).

Se han identificado como tales, granos procedentes de las fracciones ligeras no magnéticas, subredondeados, incoloros, muy similares a

los granos de cuarzo pero de los que pueden diferenciarse por la fragilidad de los feldespatos.

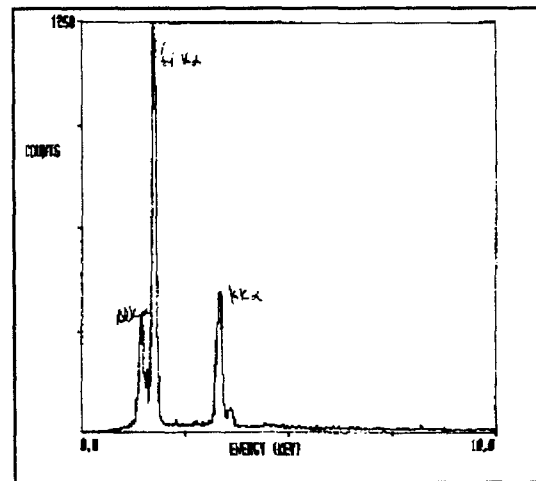


Fig. 42: Espectro S-1129

Los más abundantes son los granos translúcidos de color blanco o rosado, también subredondeados, o en fragmentos de prismas poco rodados (lámina VIII fotografías D y E).

El espectro S-1129 de la Fig. 42 se ha interpretado como correspondiente a feldespato potásico. El análisis de unos pocos granos similares (muestra FERR-8) por difracción de RX (APÉNDICE), confirmó su asignación como correcta.

Tabla 27: Feldespatos potásicos

Refer.	Composición elemental	Características
S-1129	7Si/5K/5Al	Incoloro
S-1254	7Si/5K/5Al/Fe	Blanco-amarillento, prismático

## 2.17. MICAS

### Biotita

La biotita cristaliza en el sistema monoclinico y es frecuente en láminas o agregados laminares con predominio de los colores marrones a negros.

La biotita observada se presenta en forma de láminas o agregados laminares de contornos irregulares, o en agregados laminares columnares conservando, en ocasiones, la sección pseudo-hexagonal basal (lámina VII fotografía D). Las coloraciones son negras (ferríferas "lepidomelana") (lámina VII fotografía C), verde (oscuro en espesor "meroxeno"), marrones (lámina VIII fotografía A), pardas (decoloración y parcial limonitización) (lámina VII fotografía F), castaño-rojizas y a veces amarillo oro con brillo bronceado ("oro de gato"), que en ocasiones se corresponden con pérdida de álcalis (K) e inicios de hematización (lámina

VII fotografía E). Coloraciones verdosas y castaño a rojizas (los granos de la columna de la derecha de la fotografía G en la lámina VII) se observan en algunos granos de pequeño tamaño, frecuentemente redondeados. Suelen presentar pérdida de álcalis y de Fe y enriquecimiento en Al.

Es frecuente la asociación de la biotita con sillimanita prismática o con la variedad acicular fibrolita, predominando su disposición en agregados paralelos en los planos de exfoliación (001) de la biotita (lámina II fotografía F).

Su composición responde, de forma simplificada, a la fórmula más general  $(Al Si_3 O_{10})K(Mg,Fe)_3(OH)_2$ .

Puede presentar pequeñas cantidades de Ti, Cr, Ni, Sn o Nb. El Na, Ca, Ba, Rb, Cs sustituyendo al Fe y el Li al Al.

Según DEER *et al.* (1989) si se la compara con la flogopita, el Mg puede ser sustituido por  $Fe^{2+}$  y también por iones trivalentes ( $Fe^{3+}$ , Al), y el Al reemplazar al Si. Otras sustituciones posibles indicadas por este autor son: K por Na, Ca, Ba, Rb, Cs;  $Fe^{2+}$  por Mn; y Al por Li. El F puede sustituir a iones hidroxilos y el Ti al Si o al Fe y Mg.

Los términos composicionales más característicos responden a espectros de dispersión de energías del tipo S-1837 (Si-Al-Fe-K-Ti) (Fig. 43) con presencia de Ti o del de S-1548 (Tabla 28), similar a la anterior pero con sustitución parcial del Fe por el Mg. Otros resultados se incluyen en la Tabla 28 y en las Fig. 44 a Fig. 46.

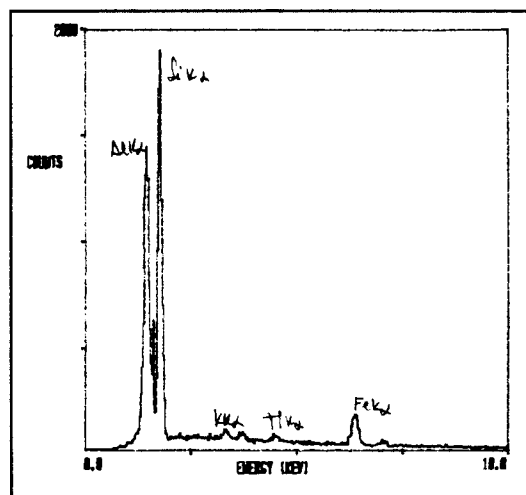


Fig. 43: Espectro S-1837

Las composiciones fundamentalmente de Si-Al-Fe, que podrían corresponder a cloritas, se han obtenido en granos en los que, en general, se observa su procedencia de biotitas.

Composiciones similares a las obtenidas en granos mixtos con predominio de sillimanita se obtienen aquí a partir de granos predominantemente biotíticos (S-1574 en la Tabla 28).

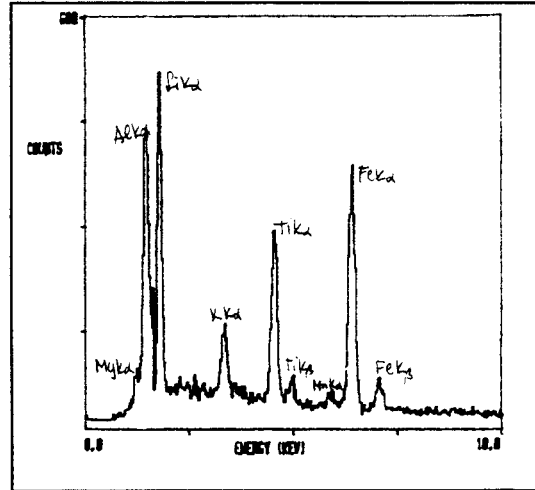


Fig. 44: Espectro S-1756

La mayor presencia de hierro por limonitización superficial se obtiene en espectros del tipo S-1599 (Fig. 45).

Las coloraciones más oscuras, negro y negro-verdosas parecen responder a una mayor cantidad relativa de Fe (S-1536 y S-1537 en la Tabla 28) y coinciden también con la presencia de Mn, si bien esto no sucede en la totalidad de los granos con estas características.

La pérdida de álcalis (K) y la cloritización, origina granos que dan espectros de composición Si-Al-Fe, donde el contenido relativo en Fe varía desde alto a bajo. Esto puede relacionarse con procesos de alteración que originan granos decolorados o con coloraciones castaño-rojizas que suelen ser más frecuentes en los tamaños más pequeños y rodados.

Cationes como el Ca aparecen sustituyendo parcialmente al K en algunos casos. Como impurezas metálicas, además del Ti y el Mn ya señala-

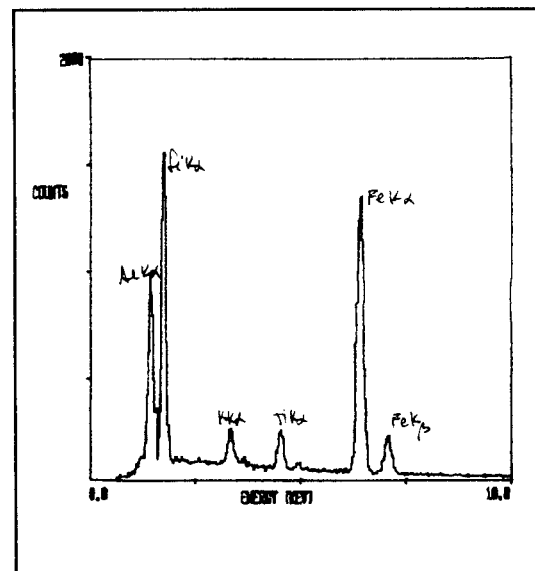


Fig. 45: Espectro S-1599

dos, se ha localizado un sólo grano con pequeña presencia de Ni (S-1760 en la Tabla 28). En ningún caso se detectó presencia de Sn en los numerosos granos de biotita analizados, hecho este importante ya que el estaño aluvial no va a proceder, en cantidad significativa, de este mineral.

El P puede deberse a absorción superficial de este elemento, ya en el medio sedimentario.

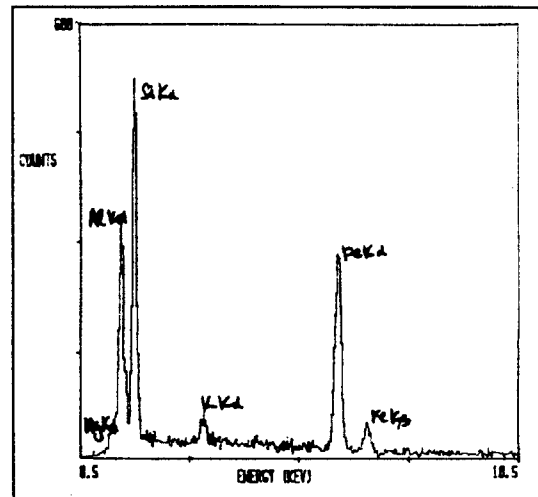


Fig. 46: Espectro S-1189

La presencia de Cl en uno de los granos debe ser debido al manejo del CIH.

Algunos granos corresponden a tránsitos a moscovita como alguno de los ya indicados, y también aquellos de los que se obtuvieron los espectros S-1137, S-1574 y S-1861 recogidos en la Tabla 28 y el S-1665 (Tabla 30). Otros pueden considerarse tránsitos a cloritas como el S-1841 (Tabla 28).



Tabla 28: Biotitas

Refer.	Composición elemental	Características
S-1837	7Si/6.5Al/2Fe/0.5K/0.5Ti	Castaña, irisada
S-1574	7Al/6Si/5.5Fe/5K/2Ti	Biotita + fibrolita
S-1599	7Si/7Fe/6Al/2K/2Ti	Limonitizada
S-1636	7Si/6.5Al/4Fe/2K/Ti	Biotita + fibrolita
S-1548	7Si/5.5Fe/5.5K/5.5Al/4Mg/4Ti	"oro de gato", parda marrón-negra.
S-1635	7Si/6.5Al/Fe/K	Biotita + sillim.
S-1125	7Si/6Al/5Fe/K	Alterada, rojiza
S-1861	7Si/5.5Al/4K/Fe	Con moscov + fibrolita
Composiciones 7Si/6Al/Fe (S-1167) hasta 7Si/6Al/6Fe (S-1135) varían desde tonos castaño-amarillentos, amarillentos a rojizos, verdosa y verde intenso a negra, también se obtienen en granos de biotita + fibrolita.		
S-1235	7Si/5.5Al/5Fe/3P	Deco, verd inte, laminar
S-1156	7Al/5.5Si/5.5Fe/5P	Rojiza de biotita
S-1159	7Al/5.5Si/4P/4Fe/Ca	Rojiza de biotita
S-1189	7Si/6Al/5.5Fe/K/Mg	Negra laminar
S-1755	7Si/6Al/5Fe/K/Mg	Oscura subredon.
S-1841	7Si/5.5Al/4Fe/4Mg/K	Parda decolorada
S-1756	7Si/6.5Al/6Fe/5.5Ti/2K/2Mg/Mn	Negra
S-1194	7Si/6.5Al/5.5Fe/K/Mg/Mn	Verde intenso a negra
S-1760	7Si/7Fe/5.5Al/5K/Ti/Ni	Parda, limonitizada
S-1536	7Si/7Fe/6Al/Mn/Ti/Ca	Negra-verde
S-1537	7Si/7Fe/6Al/Mn/Mg	Negra-verde
S-1749	7Si/7Fe/5.5Al/5.5Mn	Pardo amar. limonit.
S-1147	7Si/6Al/5.5Fe/5K/Ca/Ti	Pardo oscuro
S-1137	7Si/5Al/K	Decolorada (mosc.)

**Clorita**

Su composición responde a la formula general  $(Mg,Al,Fe)_{12} [(Si,Al)_8O_{20}](OH)_{16}$ . El Mg puede estar sustituido en mayor o menor cantidad por aluminio, hierro ferroso y férrico y el silicio por el aluminio.

Si bien entre los espectros asignables esencialmente a biotitas alguno de ellos podría significar tránsitos a cloritas (o incluso cloritización por pérdida total de K y aspecto agregado escamoso en granos subredondeados castaño-rojizos), se incluyen solamente como tales algunos granos que, por su composición y por su aspecto al binocular, pueden identificarse como típicas cloritas, con presencia significativa de Mg.

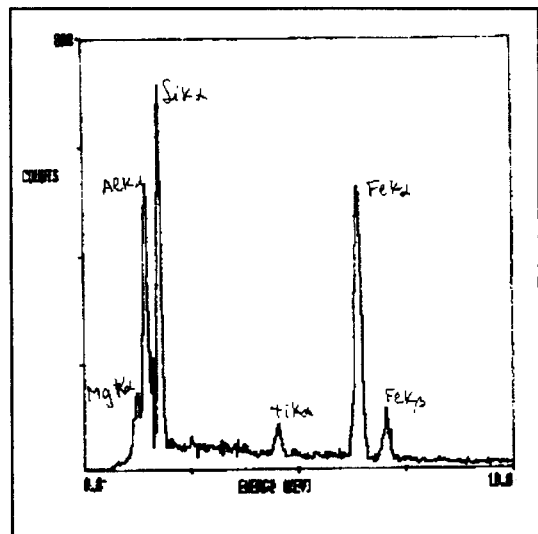


Fig. 47: Espectro S-1745

Los agregados laminares de poco espesor o las láminas aisladas de pequeño tamaño de contornos irregulares, con coloraciones verdosas, son las formas más frecuentes de presentarse. En ocasiones pudo observarse su transición desde biotita (lámina VII fotografía H). El espectro S-1745 (Fig. 47) es el más típico procedente de granos de clorita.

Tabla 29: Cloritas

Refer.	Composición elemental	Características
S-1730	7Si/6Al/6Fe/5Mg	Verde, laminar
S-1745	7Si/6.5Al/6.5Fe/5Mg/2Ti	Verdosa, láminas

Moscovita

La composición de la moscovita responde a la fórmula general  $K_2Al_4[Si_6Al_2O_{20}](OH,F)_4$ , con la posibilidad de las sustituciones siguientes:

Para el K: Na, Rb, Cs, Ca, Ba

Para el Al octaédrico: Mg,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , Mn, Li, Cr, Ti, V

Para el Al tetraédrico: Si

Para el OH: F

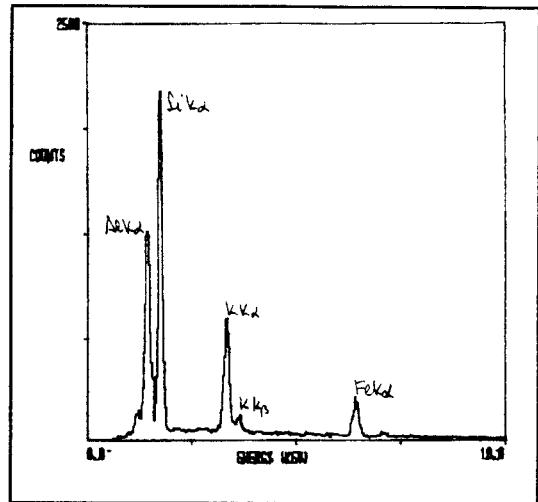


Fig. 48: Espectro S-1677

Se presenta en las muestras estudiadas como agregados laminares de poco espesor o láminas aisladas de contornos irregulares, incoloras a algo coloreadas en espesor o bien verdes pálidos a veces en granos redondeados. Los coloraciones amarillas con tonalidades suaves son poco frecuentes y entonces los granos suelen estar redondeados del tipo que se muestra en la lámina VII, fotografía G, columna izquierda. Algunos colores rojizos o castaños y pardos corresponden a alteraciones de biotitas, y en ocasiones dan espectros transicionales que podrían haberse incluido también allí.

En las fracciones densas estudiadas se observó la presencia con cierta frecuencia de moscovita con inclusiones de fibrolita.

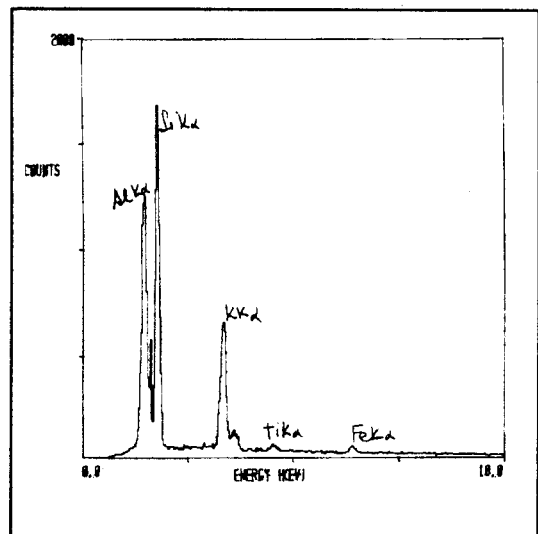


Fig. 49: Espectro S-1794

En la Tabla 30 se recogen los diversos resultados obtenidos a partir de granos con moscovita predominante. Se incluyen también algunos de los espectros más característicos en las Fig. 48, Fig. 49 y Fig. 50.

La composición básica Si-Al-K se obtiene de granos desde incoloros a verdosos (espectros S-1871 y S-1246 de la Tabla 30).

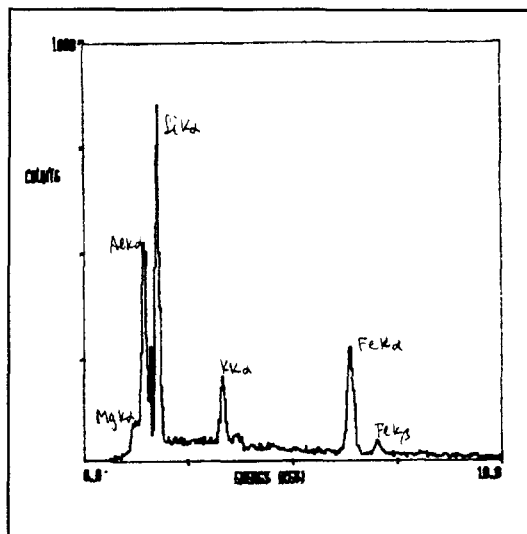


Fig. 50: Espectro S-1753

El K puede ser sustituido parcialmente por Ca (espectro S-1177 de la Tabla 30).

El Al octaédrico puede ser sustituido en mayor o menor grado por Fe (grupo de S-1810); por Fe y Mg (grupo de S-1234); por Fe y Ti ( grupo de S-1794). El color verde azulado del grano réplica de S-1810 podría deberse al exceso en Fe; ver la Tabla 30.

El O puede ser sustituido por Fe, Mg y Ti.

En un solo caso se obtuvo Ni como impureza (espectro S-1260 de la Tabla 30).

Tabla 30: Moscovita

Refer.	Composición elemental	Características
S-1871	7Si/6.5Al/K	Verdosa, inclusiones
S-1246	7Si/5.5Al/5K	laminar incolora
S-1177	7Si/6Al/K/Ca	Verde
S-1810	7Si/6Al/5Fe/4K	Verde-azul
S-1697	7Si/5.5Al/K/Fe	Alterada verdosa
S-1677	7Si/6Al/4K/2Fe	Láminar incolora/También amarilla-verde y castaño-parda. Láminar y redond. ovoide.
S-1234	7Si/6.5Al/5K/2Fe/Mg	Algo rojiza/También incol-verde.Redondeadas
S-1753	7Si/6Al/5Fe/3K/2Mg	Lám. verde/Tb. rojiza y amarilla-verdoso.
S-1743	7Si/5.5Al/5.5K/5Fe/2Mg	Laminar y redondeada ovoide rojiza.
S-1794	7Si/6.5Al/5K/0,5Fe/0,5Ti	Con biotita/También parda; con fibrolita; castaña;incol-amarilla. Láminar y redondeada.
S-1665	7Si/6Al/5K/4Fe/Ti	Castaña/Tb. verdosa
S-1865	7Si/6Al/5.5K/4Ti/Fe	Amarilla
S-1260	7Si/6Al/5K/Fe/Ni	Mixto con cuarzo

## 2.18. OTROS MINERALES DENSOS

Se incluyen en este apartado otros minerales densos identificados con ayuda de la lupa binocular y de los que no se han realizado análisis.

### Pirolusita

Se ha observado en forma de granos como costras botroidales identificables por su color y raya negros y su baja dureza (lámina VI fotografía C).

### Berilo

Solo el cristal, con simetría hexagonal, de la lámina VII fotografía B se ha identificado como berilo.

### Corindón

Distintos aspectos de los granos identificados como corindón se recogen en las fotografías F, G y H de la lámina VI.

Por último, también se han identificado, en alguna de las fracciones de menor tamaño no magnéticas, algunos granos de apatito, broquita y fluorita, pero muy poco frecuentes.

### 3. APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez realizada la separación en líquidos densos (bromoforno de densidad 2,89 g/cm<sup>3</sup>), se obtuvieron los balances de densos que se recogen en la Tabla 31, Tabla 32 y Tabla 40.

Utilizando la colección de referencia, y siguiendo la metodología de identificación y conteo señalada en el apartado correspondiente, se realizó un estudio mineralométrico cuantitativo de algunas de las muestras que se consideraron, después de una primera observación con la lupa binocular, más interesantes desde el punto de vista minero.

Se estudiaron las muestras siguientes (cuya procedencia puede verse en la Memoria general):

- Muestras de eluvio-coluvión (Mina Zarinas): Z-1 y Z-2.
- Muestras de la terraza QT1 (Zona Zarinas): Z-9, Z-19 y Z-26.
- Preconcentrados de batea (Zona San Mamede): Z-5B, Z-6B, Z-26B, Z-27B, Z-28B, Z-41B y Z-42B.

La preparación, para su estudio, de los preconcentrados de batea (bateado de material inferior a 1 mm), consistió en la obtención de las mismas fracciones magnéticas ya indicadas con anterioridad.

Para el mantenimiento y seguimiento de los datos, se utilizaron, hojas de trabajo como las de los ejemplos que se incluyen en las Tabla 33 a Tabla 35. Los resultados finales del estudio mineralométrico de las muestras elegidas, se recogen desde la Tabla 35 a la Tabla 39, y, para las muestras de batea, en la Tabla 41.

No se ha realizado el estudio para los tamaños inferiores a  $63 \mu\text{m}$  dada la dificultad de identificación de los minerales con la rutina seguida, al quedar fuera de los objetivos (utilización de métodos simples) de este trabajo y no representar en el total de densos entre 2 mm y  $40 \mu\text{m}$  (rango de mineralización de interés minero) una proporción, en general, importante. No obstante, tendría que estudiarse esa fracción —mediante la realización de frottis y el contaje de granos al microscopio de luz transmitida— en algunas muestras con interés inicial, p. ej. la muestra Z-26, si el interés minero así lo indicase.

A continuación se incluyen algunos comentarios de interés sobre los minerales densos encontrados.

La sillimanita (en gran parte fibrolita) bien en granos individuales o predominando en granos mixtos con biotita o moscovita es, con la biotita, uno de los minerales más abundantes, principalmente en los tamaños más gruesos y en las fracciones no magnéticas, separándose a intensidades superiores a 0,6 A y sobre todo de 1,0 A. Se presenta en granos muy angulosos a angulosos y con baja esfericidad.

Otro mineral abundante es la ilmenita. Se localiza, principalmente, entre 0,5 mm y 0,125 mm (y hasta +2 mm) como granos aplanados o irregulares de esfericidad media a baja y desde angulosos a subangulosos. Se ha obtenido en las fracciones magnéticas entre 0,2 A y 0,4 A y pasando a fracciones menos magnéticas los granos más finos ( $125 \mu\text{m}$  -  $63 \mu\text{m}$ ).

La biotita, predominando entre las micas, se localizan con cierta abundancia en forma de agregados laminares y columnares con sección pseudo-hexagonal. Se concentran en los tamaños inferiores a 0,25 mm y en las fracciones magnéticas de 0,5 A a 0,6 A (0,8 A) si bien, los tamaños más finos (separación defectuosa por adherirse a la regleta) se distribuyen más irregularmente en un rango más amplio.



Es abundante la turmalina (variedades chorlo y dravita), que predomina entre 1,0 mm y 0,25 mm, siendo frecuentes los fragmentos prismáticos con baja esfericidad y muy angulosos. Se concentra principalmente a 0,6 A, rango de 0,5 a 0,7 si bien, en los tamaños más finos el rango se amplía hasta 1,4 A.

La casiterita es frecuente en algunas muestras, tanto en granos pardo-negros como de colores más claros (los tonos oscuros-rojizos pueden confundirse con rutilo) y zonados. Predomina en los tamaños entre 1,0 mm y 0,25 mm (y hasta +1 mm) como granos angulosos de esfericidad media. Se concentra en la fracción no magnética a 1,4 A.

La wolframita se localizó con cierta frecuencia en las muestras de eluvio-coluvión de la Mina Zarinas. Los granos más característicos son tabletas alargadas con estriaciones longitudinales y color negro con tonos marrones. Se encontró, con más frecuencia, en la fracción magnética a 0,5 A y en tamaños de grano de 2 mm a 0,25 mm (y hasta + 2 mm).

La monacita, presente en alguna abundancia en la muestra Z-26, se localiza predominantemente en la fracción más fina de las estudiadas. Se presenta como cristales y fragmentos de cristales prismáticos aplanados de color amarillo y alguno anubarrado a blanco; los granos con color rosa son muy poco frecuentes. En los tamaños gruesos (0,25 mm - 0,125 mm) se encuentran granos de colores verde, amarillo, rojizo y anubarrados (pardo-blancos). En los tamaños más gruesos a estos sólo se han visto granos de color amarillo con excepción de un grano verde anubarrado en la clase de 2-1 mm. Se trata de granos angulosos a subredondeados, que suelen conservar algunas caras cristalinas, y de esfericidad baja (media). Se concentra predominantemente en las fracciones de 0,6 A a 0,8 A.

El rutilo se encuentra en tamaños entre 2 mm y 0,5 mm en fragmentos de cristales de color rojizo oscuro, muy angulosos a angulosos y baja esfericidad. Se concentra en la fracción no magnética a 1,4 A.

El circón se localiza en los tamaños inferiores a 0,5 mm y principalmente por debajo de 125  $\mu\text{m}$ . Aparece como cristales incoloros y pardos translúcidos a opacos como los de las fotografías G y H de la lámina X, estando representados hábitos de circones de todos los grupos referidos por ARPS (1970), si bien los más frecuentes corresponden a tipos incluidos por este autor como procedentes de granito porfídico postectónico, granodiorita con megacrístales sintectónica (ambos tipos de rocas del hercínico) y con augengneises de grano grueso prehercínicos. Otras tipologías, menos frecuentes, corresponden a hábitos que asigna a granitos de dos micas y a metasedimentos. Dicha diversidad de formas, unido a la dispersión de valores de la relación longitud/anchura nos indica (DEER *et al.*, 1989) la asociación espacial, de circones procedentes de distintos tipos de roca. Los granos presentan más frecuentemente hábitos cristalinos y menos frecuentes son los granos subautomorfos poco redondeados. La fracción no magnética a 1,4 A es en la que se concentra este mineral si bien, para los tamaños inferiores a 125  $\mu\text{m}$  y hasta 63  $\mu\text{m}$  se presenta circón en pequeña cantidad en otras fracciones magnéticas.

Los granates, predominantemente almandino, se encuentran, tanto en tamaños gruesos como finos, como fragmentos de color rosa, angulosos y con baja esfericidad. Se concentran en las fracciones magnéticas a 0,2 A y 0,3 A.

La anatasa se encontró en los tamaños inferiores a 125  $\mu\text{m}$  como cristales tabulares de color azul índigo y pardo, similares a los de la fotografía D de la lámina III. Se concentró en la fracción no magnética a 1,4 A.

La tantalita-columbita (como más probable según el estudio previo), se encontró únicamente en la clase de 2-1 mm. Su identificación no es segura y se han asignado a este mineral algunos granos de color negro, muy angulosos a angulosos y con baja esfericidad que fueron concentrados en las fracciones de 0,5 A y 0,6 A.

La xenotima se localiza en los tamaños inferiores a 0,5 mm y principalmente en la clase 0,25-0,125 mm, como granos con esfericidad baja y muy angulosos a angulosos conservando alguna cara cristalina y también como bipirámides de 1º y 2º orden como las de las fotografías E y F de la lámina X, con colores verde-amarillentos.

Por último, señalar que los óxidos de hierro son principalmente hematites y magnetita, y que otros minerales presentes en poca cantidad son cuarzo, feldespatos (en general muy moscovitizados) y topacio y es muy escasa la presencia, en tamaños inferiores a 0,5 mm y en la fracción no magnética a 1,4 A, de apatito, fluorita y ¿estauroлита?.

La observación de la fracción ligera permite señalar que está constituida por cuarzo, feldespatos y moscovita. El cuarzo es muy anguloso a anguloso y con baja esfericidad (cuarzo filoniano) junto con granos policristalinos en muchos casos mixtos con feldespatos (origen granítico) en los tamaños más gruesos (4-2 principalmente) y anguloso y subesférico en los tamaños más finos. El feldespato, subredondeado y subautomorfo de colores rosas, blancos y pardo amarillentos, se presenta, con frecuencia, parcialmente moscovitizado.

TABLA 31: Zona Zarinas. Balance de densos I.

DENSOS OBTENIDOS EN CADA FRACCION (g)								LIGEROS OBTENIDOS EN CADA FRACCION (g)						TOTAL MUESTRA PROCESADA (g)							
REF.	4-2	+1	+0,5	+0,25	+0,125	+0,063	+0,04	+2	+1	+0,5	+0,25	+0,125	+0,063	+0,04	+2	+1	+0,5	+0,25	+0,125	+0,063	+0,04
Z-1	0,18	1,12	0,81	0,55	0,36	0,06	0,04	11,41	76,96	88,15	55,06	34,96	9,84	8,77	11,59	78,08	88,96	55,61	35,32	9,90	8,81
Z-2	0,18	0,80	0,93	0,33	0,30	0,16	0,03	15,44	58,08	126,57	48,77	36,46	13,26	8,03	15,62	58,88	127,50	49,10	36,75	13,42	8,06
Z-3	0,50	1,67	0,94	0,43	0,50	0,33	0,10	26,34	107,56	122,37	46,27	33,82	25,11	7,94	26,84	109,22	123,32	46,71	34,32	25,44	8,03
Z-4	0,05	0,31	0,39	0,19	0,24	0,08	0,03	20,72	151,07	137,73	58,15	39,85	10,66	7,52	20,77	151,38	138,12	58,34	40,10	10,73	7,55
Z-5	0,28	4,52	3,69	1,27	0,73	0,14	0,05	15,88	143,03	132,53	50,88	36,52	10,11	8,52	16,16	147,56	136,22	52,15	37,26	10,25	8,57
Z-6	0,31	2,63	1,39	0,47	0,38	0,11	0,03	19,92	103,31	128,54	52,39	35,46	13,71	6,07	20,23	105,94	129,93	52,86	35,84	13,82	6,10
Z-7	0,55	4,92	3,36	0,82	0,67	0,04	0,03	19,04	269,36	215,14	50,07	40,73	6,52	4,92	19,59	274,28	218,50	50,89	41,41	6,55	4,96
Z-8	0,27	0,06	0,20	0,17	0,25	0,11	0,06	33,42	10,93	31,96	57,65	40,19	9,38	5,27	33,69	10,99	32,16	57,83	40,43	9,49	5,32
Z-9	0,64	8,94	2,73	1,38	1,53	0,11	0,03	22,02	382,89	148,98	46,20	38,15	15,17	5,19	22,66	391,83	151,71	47,58	39,68	15,28	5,22
Z-10	0,03	0,20	0,29	0,18	0,26	0,12	0,03	21,34	48,45	71,73	47,02	35,69	9,80	6,22	21,37	48,65	72,02	47,20	35,94	9,93	6,25
Z-11	0,00	1,03	0,42	0,46	0,21	0,01	0,04	19,86	375,84	105,42	36,47	34,74	3,49	6,52	19,86	376,87	105,84	36,93	34,95	3,50	6,55
Z-12	0,00	0,49	0,54	0,35	0,16	0,05	0,02	33,90	70,40	99,24	58,46	33,34	8,52	6,66	33,90	70,88	99,79	58,81	33,50	8,57	6,68
Z-13	0,04	1,59	1,02	0,23	0,28	0,14	0,03	12,47	151,13	231,96	48,22	33,85	10,67	4,71	12,51	152,72	232,98	48,45	34,13	10,80	4,74
Z-14		0,03	0,23	0,17	0,21	0,16	0,03		4,63	34,12	44,36	35,99	19,51	7,48	0,00	4,67	34,35	44,53	36,20	19,67	7,51
Z-15	0,41	1,25	1,10	0,30	0,11	0,07	0,06	23,28	284,82	202,89	50,24	20,32	15,96	11,53	23,69	286,06	203,99	50,54	20,44	16,03	11,59
Z-16	0,02	0,16	0,19	0,28	0,17	0,02	0,00	4,70	24,04	44,57	50,16	35,05	19,98	5,64	4,72	24,20	44,77	50,44	35,21	20,00	5,64
Z-17	0,02	0,46	0,64	0,18	0,11	0,08	0,02	18,77	98,57	155,89	51,38	34,87	18,18	5,58	18,79	99,02	156,53	51,55	34,99	18,26	5,60
Z-18	0,00	0,07	1,64	0,18	0,16	0,10	0,02	3,84	21,24	173,79	47,91	33,81	19,07	5,86	3,84	21,31	175,43	48,09	33,97	19,17	5,87
Z-19	0,64	3,89	3,33	0,75	1,03	0,26	0,11	23,08	195,22	182,82	50,98	35,50	14,65	7,96	23,72	199,12	186,14	51,72	36,53	14,91	8,07
Z-20	0,12	1,28	1,02	0,41	0,64	0,17	0,04	24,20	143,23	138,63	50,58	36,99	15,05	6,20	24,32	144,51	139,65	50,99	37,63	15,22	6,24
Z-21	0,00	0,06	0,08	0,06	0,10	0,07	0,02	17,18	173,82	127,05	54,45	39,97	30,03	6,87	17,18	173,88	127,13	54,51	40,07	30,10	6,89
Z-22	0,00	0,00	0,01	0,03	0,09	0,08	0,01	4,74	3,37	8,61	18,21	40,93	15,45	8,69	4,74	3,38	8,62	18,25	41,02	15,53	8,70
Z-23	0,16	0,55	0,58	0,17	0,32	0,34	0,03	31,39	20,00	138,69	48,97	36,02	21,70	8,94	31,55	20,54	139,27	49,14	36,34	22,04	8,97
Z-24	0,13	0,11	0,40	0,20	0,37	0,33	0,10	12,86	15,12	103,35	46,15	34,17	22,02	10,09	12,99	15,22	103,75	46,34	34,54	22,36	10,19
Z-25	0,09	2,44	1,33	0,76	1,41	0,54	0,03	25,93	300,10	185,77	48,33	41,97	20,69	5,40	26,02	302,55	187,10	49,09	43,39	21,22	5,43
Z-26	1,04	4,00	4,46	2,96	2,58	0,44	0,26	34,12	126,12	126,44	38,67	39,59	11,23	5,96	35,16	130,12	130,90	41,63	42,18	11,67	6,22

TABLA 32: Zona Zarinas. Balance de densos II.

% DE DENSOS A LA MUESTRA PROCESADA EN CADA FRACCION									% DE DENSOS AL TODO UNO							
REF.	4-2	+1	+0,5	+0,25	+0,125	+0,063	+0,04	TOTAL	+2	+1	+0,5	+0,25	+0,125	+0,063	+0,04	TOTAL
Z-1	1,5135	1,4402	0,9054	0,9821	1,0091	0,6201	0,4257	6,8960	0,1237	0,1213	0,0883	0,1342	0,1044	0,0346	0,0184	0,6248
Z-2	1,1520	1,3665	0,7323	0,6721	0,8067	1,1920	0,4105	6,3321	0,0721	0,1153	0,1325	0,1345	0,1164	0,0713	0,0172	0,6594
Z-3	1,8695	1,5288	0,7639	0,9281	1,4528	1,2913	1,2286	9,0630	0,1855	0,1686	0,0952	0,1165	0,0926	0,0337	0,0670	0,7591
Z-4	0,2595	0,2037	0,2801	0,3262	0,6028	0,7043	0,3736	2,7502	0,0229	0,0250	0,0327	0,0316	0,0256	0,0099	0,0116	0,1594
Z-5	1,7322	3,0660	2,7094	2,4348	1,9705	1,3876	0,6209	13,9214	0,1723	0,1828	0,1476	0,1577	0,0607	0,0126	0,0190	0,7528
Z-6	1,5179	2,4826	1,0695	0,8893	1,0502	0,8069	0,5281	8,3446	0,1240	0,2318	0,1240	0,1046	0,1210	0,0388	0,0123	0,7565
Z-7	2,8030	1,7936	1,5361	1,6161	1,6225	0,5446	0,6377	10,5537	0,1936	0,1948	0,1332	0,0847	0,0488	0,0080	0,0028	0,6661
Z-8	0,7975	0,5161	0,6216	0,2971	0,6065	1,1196	1,0541	5,0125	0,0113	0,0028	0,0082	0,0719	0,2389	0,1125	0,0388	0,4843
Z-9	2,8413	2,2824	1,7988	2,9061	3,8653	0,7199	0,6170	15,0308	0,2245	0,3114	0,0984	0,1751	0,1031	0,0127	0,0028	0,9280
Z-10	0,1563	0,4201	0,3960	0,3797	0,7123	1,2470	0,4194	3,7308	0,0014	0,0097	0,0119	0,0456	0,1328	0,1999	0,0357	0,4372
Z-11	0,0000	0,2742	0,3959	1,2457	0,6123	0,2545	0,5646	3,3471	0,0000	0,0861	0,0348	0,0840	0,0282	0,0036	0,0134	0,2502
Z-12	0,0118	0,6859	0,5460	0,5960	0,4752	0,5836	0,2861	3,1846	0,0001	0,0255	0,0285	0,0363	0,0396	0,0423	0,0150	0,1873
Z-13	0,3493	1,0422	0,4397	0,4770	0,8280	1,2838	0,6808	5,1008	0,0152	0,2215	0,1446	0,0986	0,0531	0,0179	0,0421	0,5931
Z-14		0,7369	0,6731	0,3912	0,5800	0,8054	0,3582	3,5449		0,0028	0,0129	0,0394	0,1276	0,1295	0,0339	0,3461
Z-15	1,7373	0,4354	0,5370	0,5981	0,5603	0,4230	0,5394	4,8305	0,0114	0,1933	0,1696	0,0516	0,0182	0,0068	0,0147	0,4657
Z-16	0,4276	0,6493	0,4327	0,5634	0,4728	0,0910	0,0851	2,7219	0,0013	0,0096	0,0117	0,0172	0,0173	0,0058	0,0029	0,0659
Z-17	0,1048	0,4601	0,4089	0,3424	0,3256	0,4146	0,3288	2,3852	0,0019	0,0783	0,1104	0,0623	0,0375	0,0194	0,0264	0,3362
Z-18	0,0000	0,3285	0,9353	0,3693	0,4733	0,5383	0,2878	2,9325	0,0000	0,0058	0,2172	0,0860	0,0377	0,0526	0,0146	0,4139
Z-19	2,6987	1,9558	1,7864	1,4419	2,8145	1,7614	1,3391	13,7977	0,2488	0,1918	0,1634	0,0830	0,0509	0,0128	0,0247	0,7753
Z-20	0,4832	0,8851	0,7272	0,8108	1,7131	1,1090	0,6587	6,3872	0,0665	0,1469	0,1153	0,0881	0,1160	0,0332	0,0375	0,6035
Z-21	0,0000	0,0320	0,0637	0,1055	0,2426	0,2326	0,2873	0,9637	0,0000	0,0056	0,0082	0,0118	0,0120	0,0070	0,0133	0,0579
Z-22	0,0000	0,1452	0,1624	0,1907	0,2282	0,5011	0,1150	1,3424	0,0000	0,0001	0,0010	0,0023	0,0100	0,0297	0,0088	0,0518
Z-23	0,5072	2,6538	0,4146	0,3415	0,8806	1,5202	0,2821	6,6000	0,0038	0,0749	0,0842	0,0922	0,1169	0,1003	0,0343	0,5066
Z-24	0,9984	0,6976	0,3864	0,4285	1,0576	1,4934	1,0124	6,0745	0,0028	0,0116	0,0458	0,1629	0,1625	0,0856	0,1052	0,5763
Z-25	0,3463	0,8078	0,7090	1,5427	3,2585	2,5294	0,6168	9,8104	0,0398	0,1292	0,0718	0,0935	0,0980	0,0390	0,0056	0,4769
Z-26	2,9672	3,0769	3,4098	7,1209	6,1263	3,7549	4,2386	30,6946	0,2695	0,2533	0,2029	0,3774	0,1366	0,0244	0,1354	1,3995

TABLA 33: Zona Zarinas. Hoja de trabajo de mineralometría I.

0,5-0,25 mm	FRACCION Densa (+2,89 g/cc)						VOLUMENES		
FR. MAGN.	FM	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,4	NM1,4	TOTAL
PESOS(g)	0,0007	0,0665	0,4175	0,0134	0,0066	0,0013	0,0006	0,0416	0,5482
%	0,13	12,13	76,16	2,44	1,20	0,24	0,11	7,59	100,00
OX. Fe	5	T							
LIMONITA				8	2,1				
ILMENITA	4	100	0,2	0,1	0,05				
ANATASA								0,66	
RUTILO							0,5	0	
LEUCOXENO									
GRANATES		T				0,25			
WOLFRAMITA			0,1						
MONACITA				0,6	1,1				
TURMALINA				6	3,2				
CASITERITA							0,5	32,01	
CIRCON								2,5	
ANDALUCITA									
DISTENA									
SILLIMANITA					0,05	T	9	9	
BIOTITA	0,1	T	20	6					
CLORITA									
MOSCOVITA					3	2,2	9	1	
MIXTOS				2	0,35				
OTROS						0,1	6	0,99	
TOTAL	9,1	100	20,3	22,7	9,85	2,55	25	46,16	

T=Trazas

TABLA 34: Zona Zarinas. Hoja de trabajo de mineralometría II.

0,5-0,25 mm	BALANCE DE VOLUMENES-PESOS										
FR. MAGN.	FM	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,4	NM1,4	% VOL.	PESO	%PESO
PESOS(g)	0,0007	0,0665	0,4175	0,0134	0,0066	0,0013	0,0006	0,0416	0,5482		
%	0,13	12,13	76,16	2,44	1,20	0,24	0,11	7,59	100,00		
OX. Fe	54,95%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,36	0,11%
LIMONITA	0,00%	0,00%	0,00%	35,24%	21,32%	0,00%	0,00%	0,00%	1,12%	4,47	1,29%
ILMENITA	43,96%	100,00%	0,99%	0,44%	0,51%	0,00%	0,00%	0,00%	12,95%	60,88	17,53%
ANATASA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,43%	0,11%	0,42	0,12%
RUTILO	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00%	0,00%	0,00%	0,01	0,00%
LEUCOXENO	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%
GRANATES	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,80%	0,00%	0,00%	0,02%	0,10	0,03%
WOLFRAMITA	0,00%	0,00%	0,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,38%	2,72	0,78%
MONACITA	0,00%	0,00%	0,00%	2,64%	11,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%	1,00	0,29%
TURMALINA	0,00%	0,00%	0,00%	26,43%	32,49%	0,00%	0,00%	0,00%	1,04%	3,24	0,93%
CASITERITA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00%	69,35%	5,26%	36,59	10,54%
CIRCON	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,42%	0,41%	1,92	0,55%
ANDALUCITA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%
DISTENA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%
SILLIMANITA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,51%	0,00%	36,00%	19,50%	1,53%	4,93	1,42%
BIOTITA	1,10%	0,00%	98,52%	26,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	75,68%	227,04	65,38%
CLORITA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%
MOSCOVITA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	30,46%	86,27%	36,00%	2,17%	0,78%	2,19	0,63%
MIXTOS	0,00%	0,00%	0,00%	8,81%	3,55%	0,00%	0,00%	0,00%	0,26%	0,77	0,22%
OTROS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,92%	24,00%	2,14%	0,20%	0,59	0,17%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	347,24	100,00%

TABLA 35: Zona Zarinas. Hoja de trabajo de mineralometría III. Resultados de la muestra Z-1.

MUESTRA: Z-1. BALANCE DEL CONTENIDO EN MINERALES DENSOS.									
CLASE(mm)	4-2	2-1	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,125	0,125-0,063	0,063-0,040	% al TU	ppm al TU
% DENSOS/TU	0,1237	0,1213	0,0883	0,1342	0,1044	0,0346	0,0184	0,6249	
OX. Fe			0,18	0,11		0,12		0,0003	3
LIMONITA		1,03	2,28	1,29	1,98	4,10		0,0085	85
ILMENITA		0,65	1,94	17,53	40,65	61,05		0,0896	896
RUTILO								0,0000	0
ANATASA				0,12	0,43	2,38		0,0014	14
LEUCOXENO						0,35		0,0001	1
CASITERITA		7,39	12,42	10,54	4,28	5,05		0,0403	403
WOLFRAMITA		1,09	3,12	0,78				0,0051	51
GRANATES				0,03				0,0000	T
XENOTIMA								0,0000	0
MONACITA			0,01	0,29	0,21	2,53		0,0015	15
TURMALINA		1,15	0,43	0,93	2,22	2,12		0,0061	61
CIRCON				0,55	3,09	20,96		0,0112	112
ANDALUCITA								0,0000	0
SILLIMANITA	44,67	4,54	2,44	1,42	2,55			0,0675	675
BIOTITA	55,33	81,88	74,69	65,39	44,15	0,93		0,3679	3.679
CLORITA									
MOSCOVITA				0,63	0,40	0,02		0,0013	13
OTROS		2,27	2,49	0,39	0,04	0,39		0,0057	57
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,6065	6.065

T=Trazas



TABLA 36: Zona Zarinas. Mineralometría de la muestra Z-2.

MUESTRA: Z-2. BALANCE DEL CONTENIDO EN MINERALES DENSOS.									
CLASE(mm)	4-2	2-1	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,125	0,125-0,063	0,063-0,040	% al TU	ppm al TU
% DENSOS/TU	0.0721	0.1153	0.1325	0.1345	0.1164	0.0713	0.0172	0.6593	
OX. Fe		1.33		0.19	0.21	0.07		0.0021	21
LIMONITA		5.69	5.88	21.66	5.74	2.15		0.0517	517
ILMENITA			2.35	0.25	40.06	18.9		0.0636	636
RUTILO								0.0000	0
ANATASA					0.44	2.95		0.0026	26
LEUCOXENO					0.03	0.11		0.0001	1
CASITERITA		5.79	22.25	10.64	2.66			0.0536	536
WOLFRAMITA	37.31	2.62	1.31	0.33	0.35	3.12		0.0347	347
GRANATES			0.02	T		T		0.0000	T
XENOTIMA						T		0.0000	0
MONACITA		0.03	0.06	0.02	0.51	1.06		0.0015	15
TURMALINA		3.43	0.70	1.09	2.45	1.58		0.0103	103
CIRCON			T	0.38	5.14	10.72		0.0141	141
ANDALUCITA	16.37		0.15		0.35	1.20		0.0133	133
SILLIMANITA		3.56	1.22	1.61	1.59	13.46		0.0193	193
BIOTITA	46.32	77.55	63.88	59.66	36.92	8.46		0.3367	3 367
CLORITA									
MOSCOVITA			0.63	0.52	1.55	10.38		0.0107	107
OTROS			1.55	3.65	2.00	25.84		0.0277	277
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.6421	6 421

T= Trazas

En OTROS predominan los feldespatos muy moscovitizados.

TABLA 37: Zona Zarinas. Mineralometría de la muestra Z-9

MUESTRA: Z-9. BALANCE DEL CONTENIDO EN MINERALES DENSOS.									
CLASE(mm)	4-2	2-1	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,125	0,125-0,063	0,063-0,040	% al TU	ppm al TU
% DENSOS/TU	0,2245	0,3114	0,0984	0,1751	0,1031	0,0127	0,0028	0,928	
OX. Fe					0,13	T		0,0001	1
LIMONITA		0,17	27,08	0,11	0,11	0,38		0,0275	275
ILMENITA		9,42		18,14	23,55	44,83		0,0911	911
RUTILO		0,37	0,68	T	0,22	0,51		0,0021	21
ANATASA				T	0,05	3,48		0,0005	5
LEUCOXENO			T	T	T	0,23		0,0000	T
CASITERITA		0,73	0,1	1,65	0,04			0,0053	53
WOLFRAMITA			T					0,0000	T
GRANATES		T	T	0,10	T	0,12		0,0002	2
XENOTIMA					T	T		0,0000	T
MONACITA		0,15		0,61	6,70	7,80		0,0094	94
TURMALINA		4,02	5,71	28,32	8,91	5,98		0,0777	777
CIRCON		0,02		0,03	1,18	11,50		0,0028	28
ANDALUCITA	5,47	0,31	1,84	0,68	0,02	0,32		0,0163	163
SILLIMANITA	94,53	34,65	10,60	4,01	19,85	5,06		0,3587	3.587
BIOTITA		50,14	52,14	44,97	37,19	16,93		0,3267	3.267
CLORITA						T			T
MOSCOVITA				1,24	2,04	T		0,0043	43
OTROS		0,02	1,85	0,14	0,01	2,86		0,0025	25
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,9252	9.252

T= Trazas

TABLA 38: Zona Zarinas. Mineralometría de la muestra Z-19.

MUESTRA: Z-19. BALANCE DEL CONTENIDO EN MINERALES DENSOS.									
CLASE(mm)	4-2	2-1	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,125	0,125-0,063	0,063-0,040	% al TU	ppm al TU
% DENSOS/TU	0,2488	0,1918	0,1634	0,083	0,0509	0,0128	0,0247	0,7754	
OX. Fe				0,24	0,22	T		0,0003	3
LIMONITA				0,14	0,33	3,62		0,0007	7
ILMENITA		7,01	52,44	59,68	70,76	50,29		0,1911	1.911
RUTILO			T		0,17	0,6		0,0002	2
ANATASA			T	0,04		T		0,0000	T
LEUCOXENO				T	T	T		0,0000	T
CASITERITA		0,32	1,78	3,96	2,49	0,8		0,0082	82
WOLFRAMITA								0,0000	0
GRANATES					T	T		0,0000	T
XENOTIMA		0,03		T	T	T		0,0001	1
MONACITA			0,26	0,67	1,04	7,81		0,0025	25
TURMALINA		4,29	7,12	6,96	8,85	12,59		0,0318	318
CIRCON			0,04	1,78	2,11	13,56		0,0044	44
ANDALUCITA	5,51	0,09	2,86		0,06			0,0186	186
SILLIMANITA	89,60	69,37	26,23	15,64	9,97	7,74		0,4179	4.179
BIOTITA		12,53	8,76	10,09	3,60	2,66		0,0489	489
CLORITA									T
MOSCOVITA	4,89	5,14	0,47	0,31		0,22		0,0231	231
OTROS		1,22	0,04	0,49	0,40	0,11		0,0030	30
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,7507	7.507

T= Trazas

TABLA 39: Zona Zarinas. Mineralometría de la muestra Z-26.

MUESTRA: Z-26. BALANCE DEL CONTENIDO EN MINERALES DENSOS.									
CLASE(mm)	4-2	2-1	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,125	0,125-0,063	0,063-0,040	% AL. TU	ppm AL. TU
% DENSOS/TU	0,2695	0,2533	0,2029	0,3774	0,1366	0,0244	0,1354	1,3995	13.995
LIMONITA		0,88	0,22	0,10	0,09	0,12		0,0032	32
ILMENITA	10,09	5,96	29,02	63,25	54,25	37,61		0,4232	4.232
RUTILO		1,38	1,35	T	0,07			0,0063	63
ANATASA				0,34	0,10	1,53		0,0018	18
LEUCOXENO				T	T	0,13		0,0000	T
CASITERITA		0,59	2,22	16,13	2,27			0,0700	700
¿COLUMBITA?		0,33						0,0008	8
GRANATES		0,40		0,13	0,71	0,13		0,0025	25
XENOTIMA				T	0,48	T		0,0007	7
MONACITA		0,12	2,57	0,44	1,46	12,11		0,0121	121
TURMALINA		7,25	30,30	1,56	4,71	9,49		0,0945	945
CIRCON				0,20	2,30	6,68		0,0055	55
ANDALUCITA									
SILLIMANITA	86,69	83,09	25,07	6,91	10,67	12,66		0,5387	5.387
BIOTITA	3,22	T	8,47	9,71	21,32	14,71		0,0952	952
CLORITA									
MOSCOVITA									
OTROS			0,78	1,23	1,57	4,84		0,0096	96
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,01	0,00	1,2641	12.641

T= Trazas

TABLA 40: Zona San Mamede. Balance de los densos de batea.

REF.LAB.	BRUTO	HT (%)	BATEA(Kg)	BRUTO	PRC(g)	PRC/BATEA	PREC/BRUTO BAT.	DENSO	LIGER.(g)	TOTAL(g)	D/PRC	D/BATEA	D/BRUTO
Z-5B	23,80	17,86	10,80	13,15	312,00	2,89%	2,37%	2,0709	142,8720	144,9429	1,429%	0,041%	0,034%
Z-6B	20,60	21,29	10,70	13,59	235,20	2,20%	1,73%	1,7446	112,5150	114,2596	1,527%	0,034%	0,026%
Z-26B	19,00	19,77	10,50	13,09	410,00	3,90%	3,13%	2,6968	136,0760	138,7728	1,943%	0,076%	0,061%
Z-27B	13,90	23,30	10,70	13,95	241,50	2,26%	1,73%	3,8995	111,4800	115,3795	3,380%	0,076%	0,059%
Z-28B	16,50	22,40	10,40	13,40	317,80	3,06%	2,37%	3,0085	109,7550	112,7635	2,668%	0,082%	0,063%
Z-41B	22,70	39,06	7,40	12,14	291,00	3,93%	2,40%	1,9000	128,5970	130,4970	1,456%	0,057%	0,035%
Z-42B	40,70	25,37	10,90	14,61	257,60	2,36%	1,76%	12,3604	102,6450	115,0054	10,748%	0,254%	0,190%

\*BRUTO= Peso de la muestra (-1 mm) húmeda

\*HT= Humedad total

\*BATEA= Peso de muestra seca que se bateó

\*PRC= Preconcentrado de batea en seco

Tabla 41: Zona San Mamede. Contenidos en minerales densos de las muestras de batea.

MUESTRAS	Z-5B	Z-6B	Z-26B	Z-27B	Z-28B	Z-41B	Z-42B
ppm D/BATEA	410	340	760	760	820	570	2540
OX. Fe	1	1	81	10	9	58	
LIMONITA	9	11	9	14	70	1	
ILMENITA	32	6	37	48	99	75	425
RUTILO	1		6	3	2	7	1
ANATASA				1	8		3
CASITERITA						3	0
GRANATES	21	7	69	41	45	63	456
MONACITA	16	10	18	48	42	51	267
TURMALINA	72	52	82	348	184	69	404
CIRCON	6	1	3	9	28	14	26
ANDALUCITA		6				6	
SILLIMANITA	126	96	416	198	191	99	573
BIOTITA	113	108	28	20	132	42	212
MOSCOVITA					5	16	4
CUARZO			2	1	0	0	1
TOPACIO	11	35	8	2	7	50	166
FELDESPATOS				3		2	1
ARTEFACTOS				12			
OTROS		6		3		13	1

#### 4. CONCLUSIONES

Con la obtención de una "colección de referencia" de un entorno geológico se facilitan los estudios mineralógicos previos permitiendo una seguridad suficiente en el momento de valorar las muestras más interesantes para su análisis detallado, sin necesidad de recurrir constantemente a medios y técnicas (tanto mineralométricas, como de análisis mineralógico y elemental) no disponibles fuera de laboratorios especializados.

Técnicas de apoyo a la identificación, (para tamaños entre 2 mm y 63  $\mu\text{m}$ , los más significativos para la exploración de placeres), mediante lupa binocular, lámpara UV y test del estaño, tales como el análisis de granos individuales mediante microsonda electrónica por el método de dispersión de energías y el análisis por difracción de RX de granos o de concentrados enriquecidos mediante la separación electromagnética (Frantz) son ventajosas en la resolución de problemas concretos, evitando así recurrir a separaciones en líquidos densos distintos al bromoformo y al uso de líquidos índice y otros test microquímicos.

Por otra parte, las siguientes muestras presentan un cierto contenido en minerales de interés económico:

- Z-1 y Z-2: ilmenita-casiterita-(wolframita).
- Z-9 y Z-19: ilmenita.
- Z-26: ilmenita-casiterita-(monacita).

La muestra de batea Z-42B es la más interesante por su contenido, al total del material seco procesado en batea, en ilmenita (425 ppm) y monacita (267 ppm) .

## 5. LÁMINAS



LÁMINA - I

## LÁMINA I

### Útiles

A)

A1: Placa con ranura para la separación de granos.

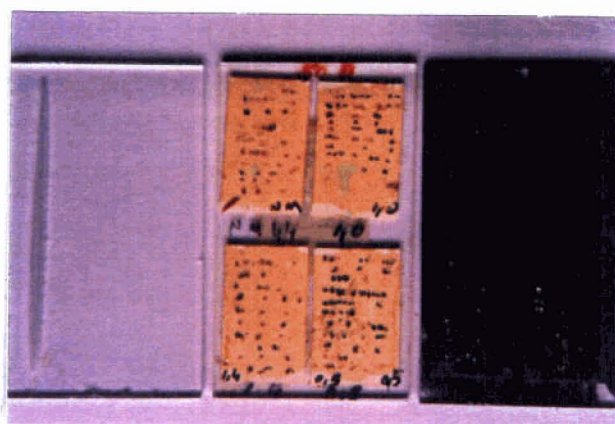
A2: Placa de la colección de referencia con los granos dispuestos según su semejanza en papel adhesivo.

A3: Placa para análisis con microsonda electrónica. Los granos están recubiertos por una película de carbono.

B) Placa utilizada para facilitar la estimación de volúmenes de granos.

C) Placa utilizada para realizar el test del estaño y observaciones sobre la dureza y la raya de los minerales.

LÁMINA I

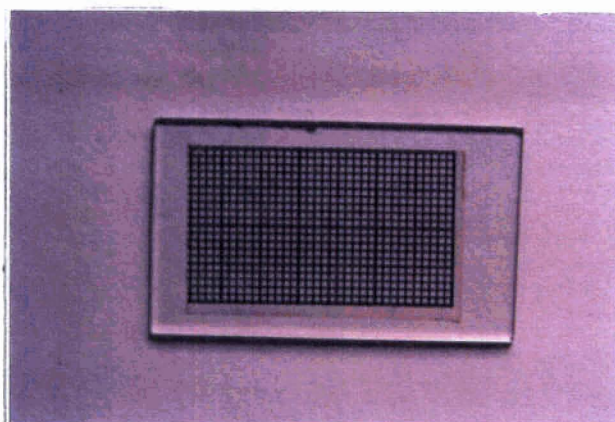


A

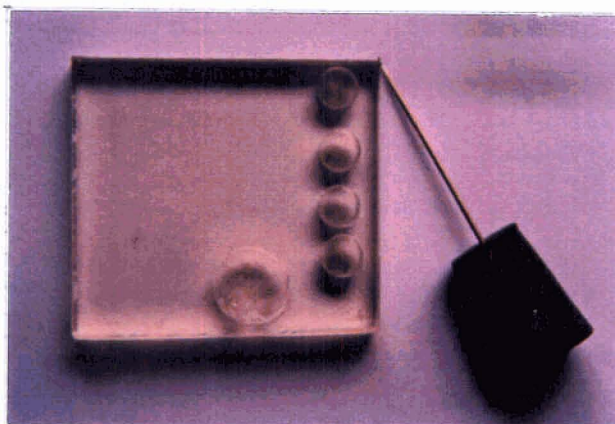
A<sub>1</sub>

A<sub>2</sub>

A<sub>3</sub>



B



C

LÁMINA - II

## LÁMINA II

### Aspecto de minerales en granos observados con luz incidente

#### Granates y minerales silicoaluminosos

- A) Almandino en granos subsféricos con superficies más o menos corroídas en algunos casos se reconocen caras cristalinas, también fragmentos como placas irregulares. Coloraciones rosáceas a violáceas. El grano más oscuro presenta una superficie corroída y alterada. x 14
- B) Grosularia en fragmentos irregulares de color amarillo a caramelo. x 18
- C) Aspecto de un grano de granate alterado a limonita. Color caramelo a pardo, con alto contenido en Fe y que se deshace con facilidad. Corresponde a espectros similares a S-1742. x 45
- D) Granos constituidos por sillimanita prismática. x 29
- E) Aspecto oval de granos de fibrolita. x 18
- F) Biotita con sillimanita en los planos 001. Sillimanita prismática en el grano superior y acicular (fibrolita) en el inferior. x 21
- G) Andalucita en cristales prismáticos de sección cuadrada y con alguna inclusión oscura (¿carbonosa?). x 24
- H) Cristales de andalucita mostrando micas y arcillas en su superficie. x 22

LÁMINA II

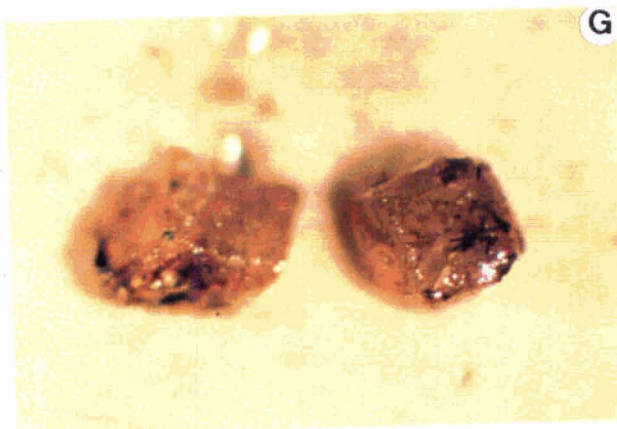
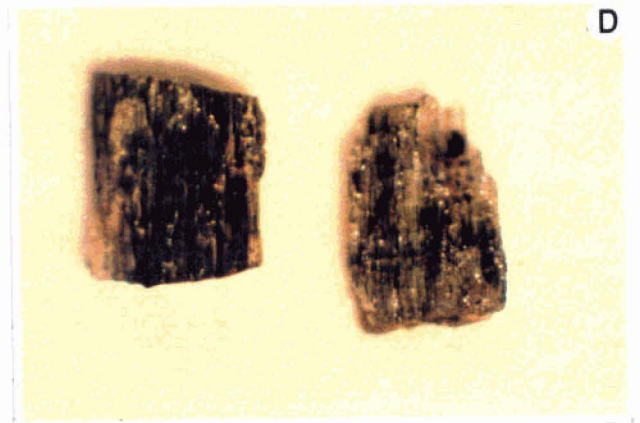
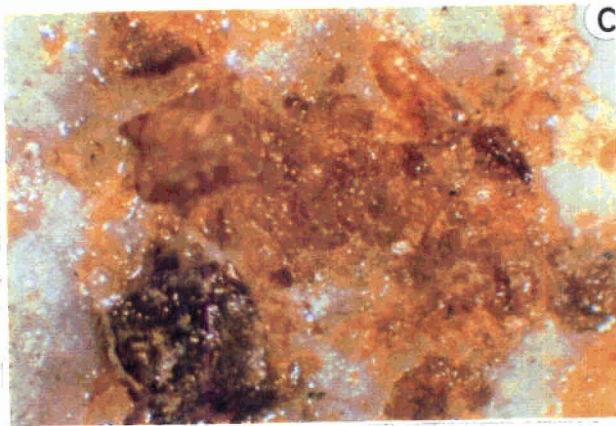


LÁMINA - III

### LÁMINA III

#### Aspecto de minerales en granos observados con luz incidente

##### Turmalina y minerales de titanio

- A) Fragmento de cristal y granos irregulares angulosos de turmalina negra (chorlo). x 12
  
- B) Fragmentos de cristales prismáticos y granos irregulares angulosos de turmalina verde a parda (dravita). x 45
  
- C) Cristal de turmalina parda transparente (dravita) con zonas más oscuras. x 30
  
- D) Cristales (tabletas) de anatasa de colores marrones y azul oscuro a negro. x 45
  
- E) Cristal de ilmenita. x 45
  
- F) Granos subredondeados y placas irregulares subangulosas de ilmenita. x 9
  
- G) Otro aspecto de los granos de ilmenita. x 9
  
- H) Cristal poco rodado de ilmenita. La superficie aparece manchada por materiales arcillosos. x 29



LÁMINA III

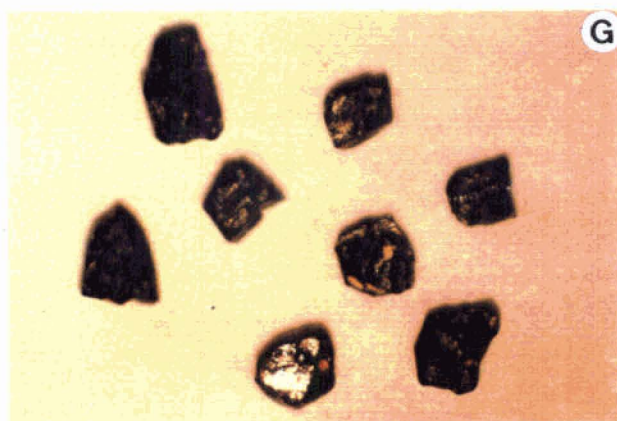
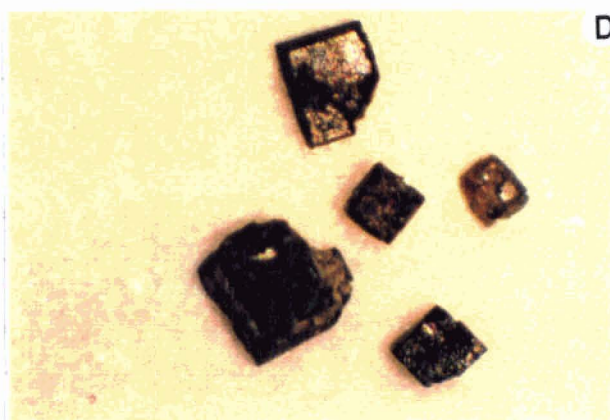
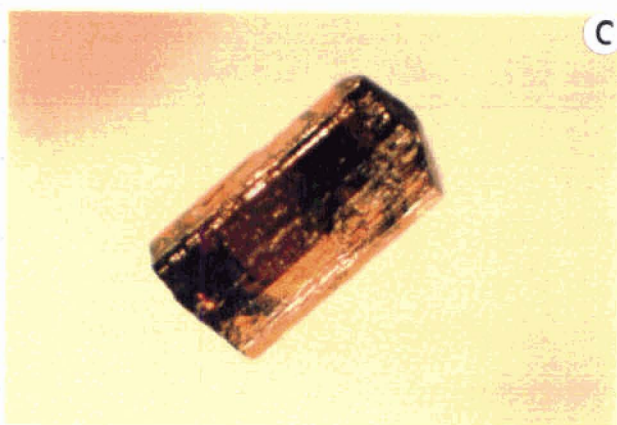


LÁMINA - IV

## LÁMINA IV

### Aspecto de minerales en granos observados con luz incidente

#### Minerales de titanio (continuación)

- A) Cristales subautomorfos de titanita. x 33
- B) Granos rodados de rutilo pardo rojizo. x 45
- C) Fragmentos angulosos de cierto tamaño de rutilo pardo y un grano rojizo cuyo detalle se observa en la fotografía E. x 8
- D) Fragmentos de cristales prismáticos de rutilo negro. x 10
- E) Detalle de grano de rutilo rojizo. x 33
- F) Cristal prismático de rutilo pardo rojizo con reflexiones internas "rutilantes". x 30
- G) Granos subangulosos de rutilo pardo rojizo. x 45
- H) Cristal prismático de rutilo negro. x 20

LÁMINA IV



A



B



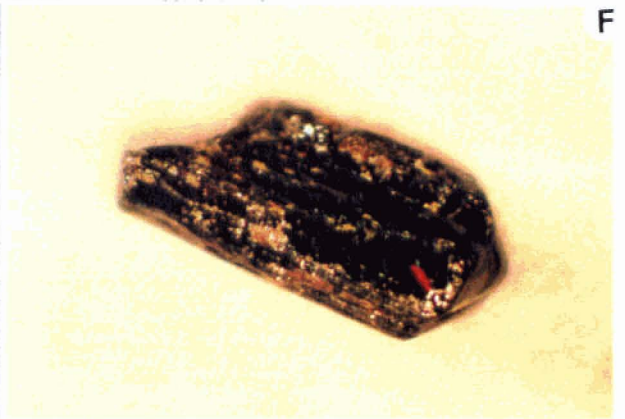
C



D



E



F



G



H

LÁMINA - V

## LÁMINA V

### Aspecto de minerales en granos observados con luz incidente

#### Minerales de titanio (cont.), wolframio, estaño y hierro.

- A) Granos poco rodados de leucóxeno. x 45
- B) Granos angulosos de scheelita. x 15
- C) Granos subangulosos de casiterita oscura-negra. x 26
- D) Casiterita en granos poco rodados, zonados y blanco-amarillentos. x 19
- E) Casiterita después de realizar el test del estaño. x 26
- F) Hematites. x 13
- G) Magnetita en granos angulosos. x 45
- H) Limonita. Cristal de pirita seudomofizado por limonita. x 25

LÁMINA V

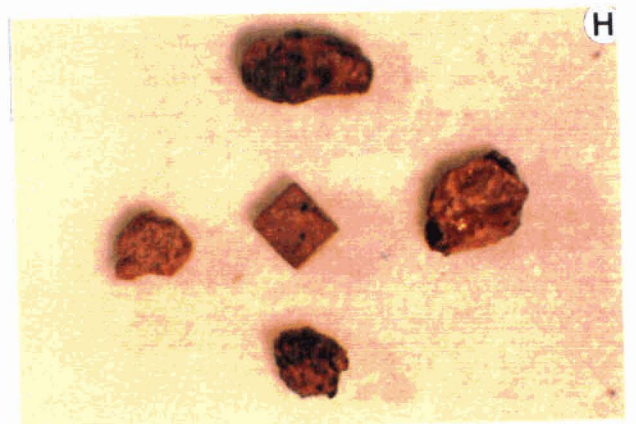
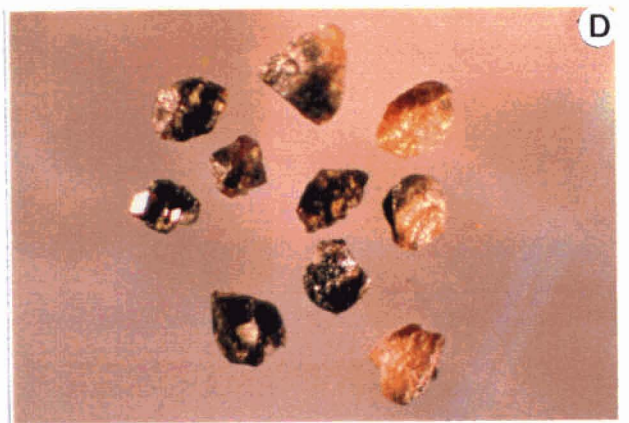


LÁMINA - VI



## LÁMINA VI

### Aspecto de minerales en granos observados con luz incidente

Minerales de hierro (cont.), cobre y manganeso; espinelas, diópsido y corindón.

- A) Pirita. x 45
- B) Malaquita. x 45
- C) Pirolusita. x 21
- D) Espinelas en granos ovoides subredondeados de color verde azulado. Los granos más amarillos y rosáceos son de monacita. x 45
- E) Diópsido. x 45
- F) Corindón. Aspecto general. x 21
- G) Corindón. Aspecto general. x 15
- H) Corindón. Detalle. x 30

LÁMINA VI

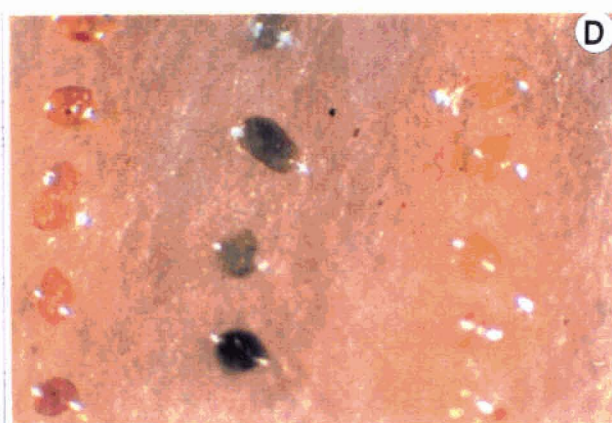
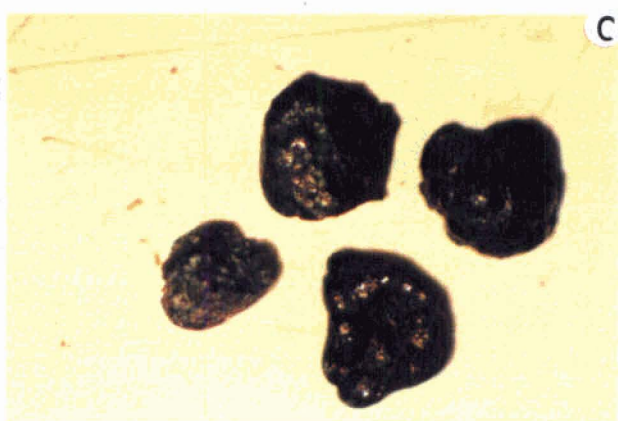
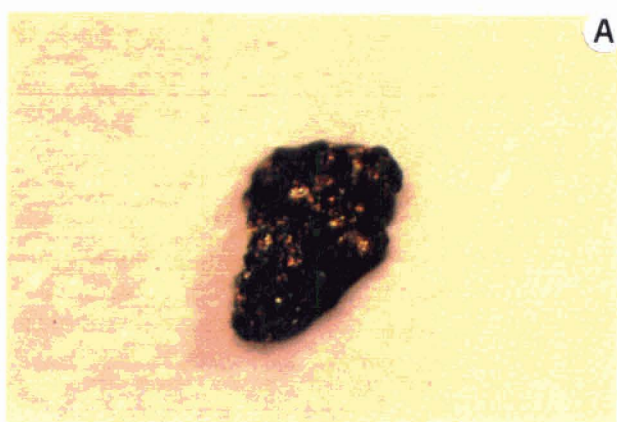


LÁMINA - VII

## LÁMINA VII

### Aspecto de minerales en granos observados con luz incidente

#### Topacio, berilo y micas

- A) Topacio, fragmentos irregulares y angulosos, amarillos, transparentes. En uno de ellos pueden verse las estriaciones típicas del topacio. x 13
- B) Berilo, cristal prismático, transparente. x 45
- C) Biotita negra. x 21
- D) Biotita parda-negra en agregados columnares basales. x 13
- E) Biotita alterada del tipo "oro de gato". x 23
- F) Biotita parda, decolorada. x 24
- G) Granos rodados de biotita de tono rojizo (con pérdida de álcalis) y moscovita rodada amarillenta. x 45
- H) Clorita verde procedente de biotita. x 40

LÁMINA VII

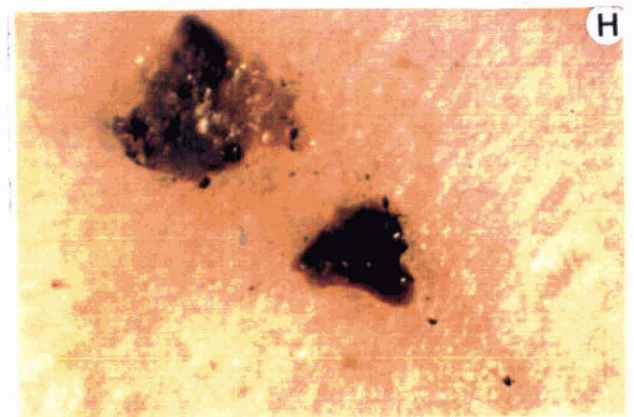
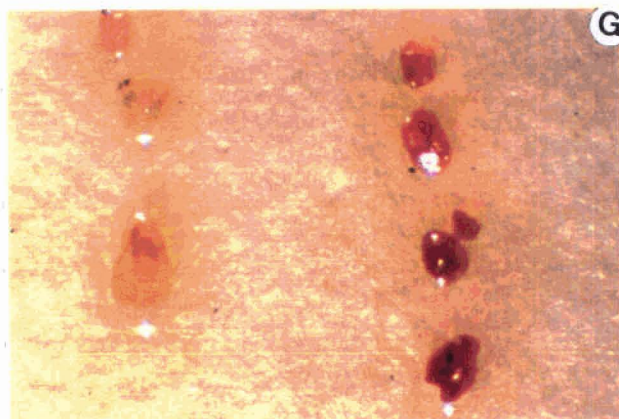
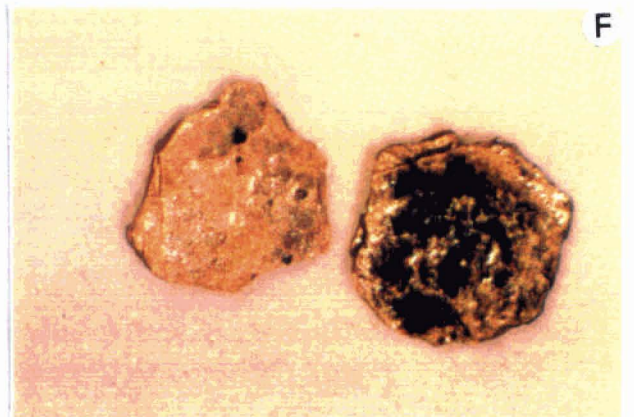


LÁMINA - VIII

## LÁMINA VIII

### Aspecto de minerales en granos observados con luz incidente

#### Micas (cont.), feldespatos, cuarzo y monacita gris

- A) Biotita, láminas de color marrón x 25
- B) Clorita, agregados escamosos de color rojizo. x 27
- C) Moscovita en agregados laminares, con fibrolita. x 25
- D) Feldespatos en granos blanco-amarillentos, irregulares y alguno subauto-morfo. x 8
- E) Feldespatos en granos blancos y rosas subredondeados. x 45
- F) Cuarzo, blanco, translúcido. x 13
- G) y H) Monacita gris, nódulos (zona del El Bierzo). x 45

LÁMINA VIII

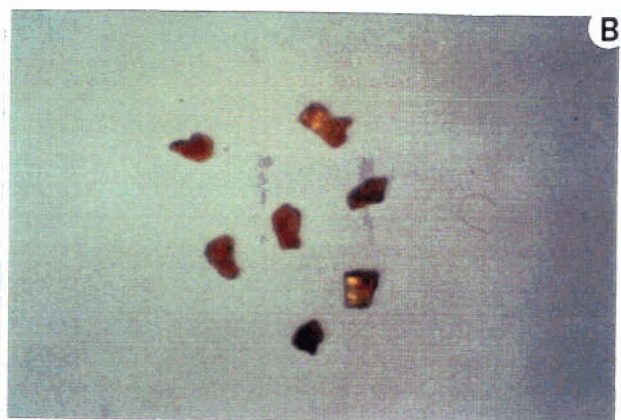
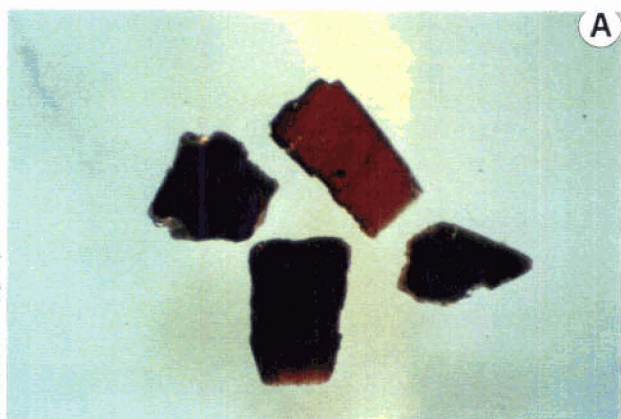




LÁMINA - IX

## LÁMINA IX

### Aspecto de minerales en granos observados con luz incidente

#### Monacitas (cont.)

- A) Aspecto del concentrado M-7 enriquecido en monacita. x 45
- B) F) y H) Monacita verde (amarillenta). x 45, x 25 y x 45
- C) E) y G) Monacita amarilla. x 45, x 45 y x 13
- D) Monacita verde (amarillenta) y monacita amarilla. x 45

LÁMINA IX

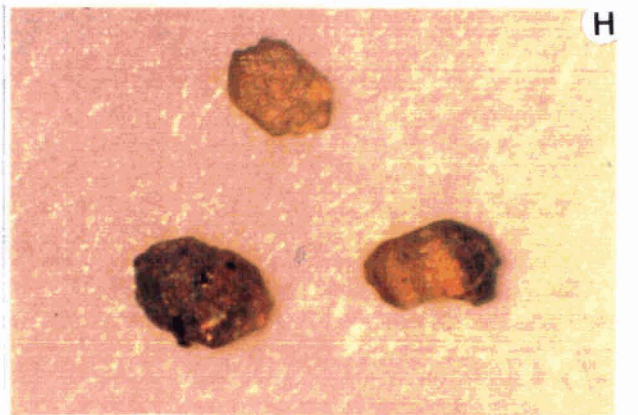
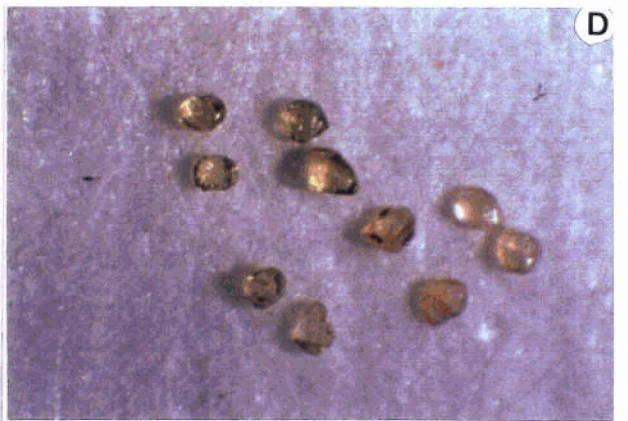
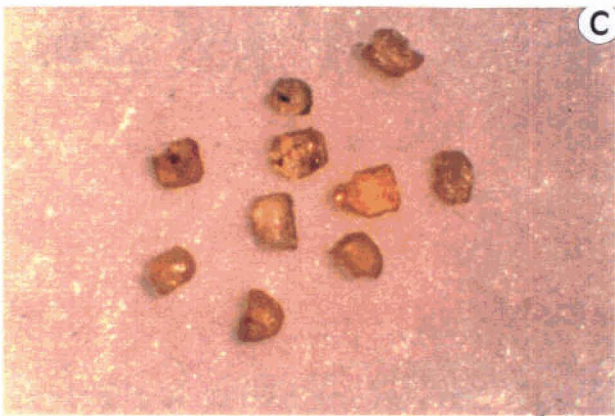
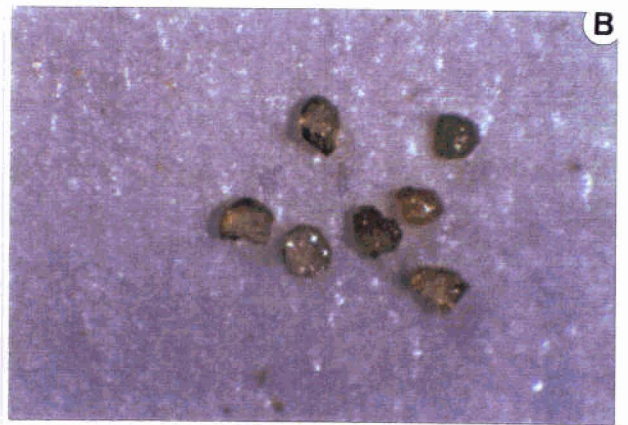
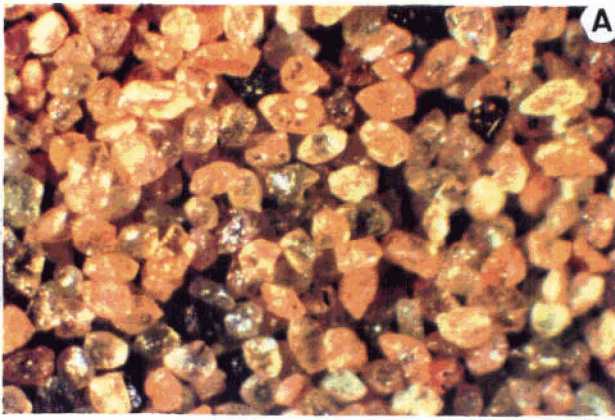


LÁMINA - X

## LÁMINA X

### Aspecto de minerales en granos observados con luz incidente

#### Monacitas (cont.), xenotimas y circones

A) y B) Monacitas de colores rojizos y avellana. x 45

C) Monacitas anubarradas a blancas. x 45

D) Xenotimas amarillo-verdosas, fragmentos irregulares angulosos, conservando alguna cara cristalina. x 29

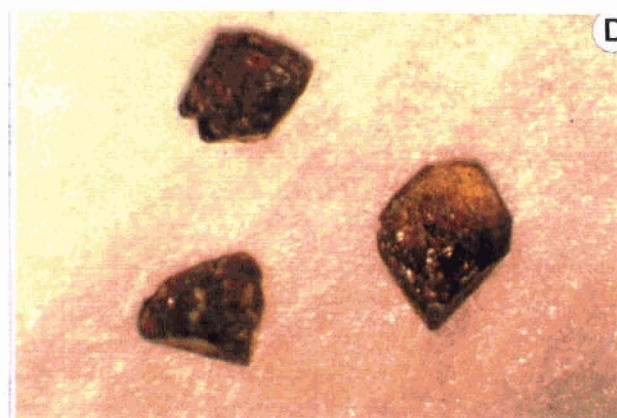
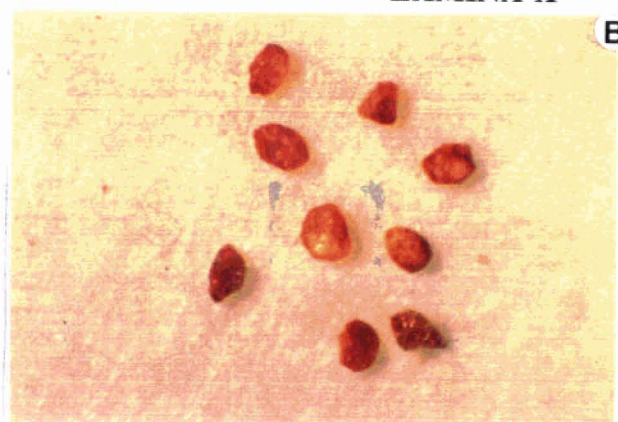
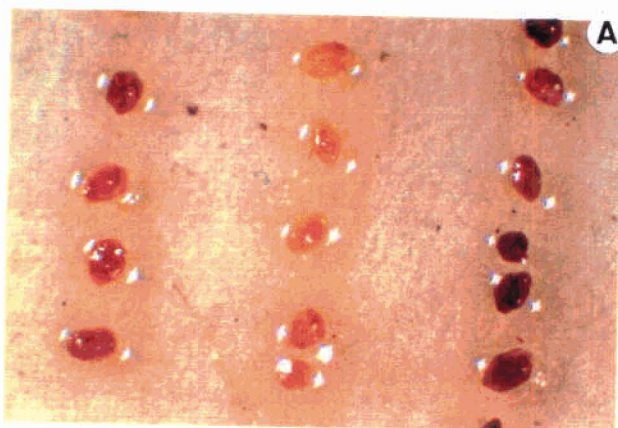
E) Xenotima con hábito octaédrico aplanado. x 45

F) Xenotima, bipiramide tetragonal de 2º orden. x 45

G) Circones transparentes. x 45

H) Circones, prismas bipiramidados, translúcidos a opacos (variedad malecón).  
x 45

LÁMINA X



## 6. BIBLIOGRAFÍA

## 6. BIBLIOGRAFÍA

ARPS, C.E.S. (1970): "Zircon in granites, gneisses and metasediments from western Galicia (N.W.Spain)". *Bol. Geol. Minero*. T.LXXXI-II-III, 144-156.

BAYLISS, P.; ERD, D.C.; MROSE, M.E.; SABINA, A.P. y SMITH, D.K. (1986): "Mineral Powder Diffraction File Search Manual". International Centre for Diffraction Data. U.S.A.

CESBRON, F.P. (1986): "Mineralogy of the Rare-Earths Elements". En *Lanthanides, Tantalum and Niobium*. Möller y otros Ed. 3-26.

CLARK, A.M. (1984): "Mineralogy of the rare earth elements". En *Rare earth element geochemistry*. Henderson Ed. 33-54.

DEER, F.R.S.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. (ed. 1989): "An introduction to the rock-forming minerals". Longman Scientific & Technical. 528 págs.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M.; MARTÍN RUBI, J.A.; LASALA-GAUSA, M<sup>a</sup>.J. y VALLE FUENTES, F.J. (1992): "Application of the electron microprobe and X-ray diffraction to the knowledge of mineralogical composition of beach sand and alluvion concentrates". *Electron Microscopy*. EUREM 92. 2, 557-558.

HURLBULT, C. (ed. 1976): "Manual de mineralogía de Dana". Ed. Reverté, S.A. Barcelona. 653 págs.

IGME (1982 a): "Exploración sistemática del territorio nacional Sector N.O. Zona N.16. Hoja N.302 (Baltar)". Inst. Tecn. Geom. España (Doc. 10780).

IGME (1982 b): "Exploración sistemática del territorio nacional Sector N.O. Zona N.10. Hoja N.301 (Lovios)". Doc. Inst. Tecn. Geom. España.

MARQUÍNEZ GARCÍA, J.L. (1984): "La geología del área esquistosa de Galicia Central (Cordillera Herciniana, NW de España)". *Inst. Geol. Min. España. Col. Mem.* 100, 231 págs.

MARTÍN-IZARD, A. (1991): "Yacimientos de estaño-wolframio". En *Yacimientos minerales*, 228-263.

MARTÍN RUBI, J.A. (1990). "Análisis por FRX de Ce, La, Y, Th, Nb y Ta y su contribución a la geoquímica de estos elementos". *Tesis doctoral*. Univ. Autónoma de Madrid. 360 págs.



PARFENOFF, A; POMEROL, C. y TOURENQ, J. (1970): "Les minéraux en grains". Masson ed., París. 578 págs.

PÉREZ MATEOS, J. (1965): "Análisis mineralógico de arenas. Métodos de estudio". *Manuales de Ciencia Actual*, 1, 265 págs.

VAQUERO NAZABAL, C. (1977): "Prospección y estudio mineralométrico de yacimientos detríticos. Aplicación del método en el batolito de los Pedroches". *Trabajos de Tesis*. Empresa Nacional Adaro de investigaciones mineras, S.A. **Serie 5, 7**, 215 págs.

WINKLER, H.G.F. (ed. 1975): "Petrogénesis de Rocas Metamórficas". H. Blume Ed. Madrid.

APÉNDICE

**APÉNDICE: IDENTIFICACIÓN MINERALÓGICA POR DIFRACCIÓN DE RX**

**Muestras de concentrados**

**LEYENDA**

Al= Aluminio	Alm= Almandino	Bt= Biotita	Cl= Clorita
FK= Fto. potásico	Grs= Grosularia	Hm= Hematites	Ilm= Ilmenita
Irt= Ilmenorutilo	Rt= Rutilo	Mt= Moscovita	Mz= <del>Moraxita</del>
Q= Cuarzo	Sll= Sillimanita	Tm= Turmalina	Xn= Xenotima

**Condiciones generales de operación:**

DIFRACTÓMETRO DE POLVO

PHILIPS. SOTFWARE PC-APD

Fecha de la medida	22-abril-1992
Ánodo	Cu
Tipo de difractómetro	PW1710 BASED
Generador de tensión [kV]	40
Generador de corriente [mA]	30
Longitud de onda Alfa1 [Å]	1.54060
Longitud de onda Alfa2 [Å]	1.54439
Ratio de intensidad (alfa2/alfa1)	0.500
Divergencia de ventana	Automática
Longitud irradiada [mm]	12
Ventana receptora	0,2
Utilización de monocromador	NO
Ángulo inicial [ $^{\circ}2\theta$ ]	2.010
Ángulo final [ $^{\circ}2\theta$ ]	64.990
Tamaño de paso [ $^{\circ}2\theta$ ]	0.020
Tiempo por paso [s]	0.400
Tipo de barrido	Continuo
Intensidades convertidas a	Fijo
Anchura mínima de pico	0.00
Anchura máxima de pico	1.00
Anchura de la base del pico	2.00
Significancia mínima	0.75

Placa de Al

Intensidad máxima . . . . . 1489.960  
 Número de picos . . . . . 8

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
4.600	19.1943	19.2415	0.800	83	17	5.6	0.35	
37.880	2.3732	2.3791	0.120	980	24	65.8	5.79	Al
38.360	2.3446	2.3504	0.060	331	24	22.2	1.07	Al
38.465	2.3395	2.3442	0.060	339	24	22.7	2.50	Al
44.165	2.0490	2.0540	0.140	1490	23	100.0	9.86	Al
60.085	1.5386	1.5424	0.960	1	12	0.1	0.76	
64.585	1.4419	1.4454	0.140	1096	20	73.5	11.03	Al
64.795	1.4377	1.4412	0.120	610	20	40.9	3.09	Al

MUESTRA: M-7 (0,5-0,1) PRC (densos de mesa de sacudidas)

Los minerales identificados con el estudio con la lupa binocular y con el apoyo de análisis con microsonda electrónica (método de dispersión de energías) fueron: monacita, xenotima, turmalina, óxidos de hierro, pirita, biotita, ilmenita, rutilo, leucoxeno, wolframita, tantalita-columbita, ilmenorutilo, circón y espinela.

La difracción de RX muestra la presencia dominante de la monacita como podría esperarse de un concentrado tan enriquecido en este mineral (más de 90 %). El rutilo parece ser otro de los minerales detectables.

Intensidad máxima . . . . . 615.0400  
 Número de picos . . . . . 26

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif miner.	Ident.
8.575	10.3035	10.3288	0.960	4	8	0.7	1.24	Bi?
18.685	4.7451	4.7568	0.120	52	15	8.4	2.31	Mz
21.545	4.1212	4.1314	0.100	53	15	8.7	0.79	Mz?
22.475	3.9528	3.9625	0.120	34	15	5.5	2.67	Mz
25.375	3.5072	3.5158	0.120	34	16	5.5	1.54	Mz
27.185	3.2777	3.2857	0.060	615	16	100.0	3.27	Mz+Rt
27.285	3.2659	3.2739	0.080	586	16	95.2	1.04	Rt+Mz?
29.085	3.0677	3.0753	0.200	56	16	9.1	1.98	Mz
30.325	2.9451	2.9523	0.480	15	16	2.5	0.99	Mz?+Rt?
31.365	2.8497	2.8567	0.120	81	16	13.2	2.62	Mz
34.530	2.5954	2.6018	0.240	26	15	4.2	1.87	Mz+Tm
37.010	2.4270	2.4330	0.120	18	15	3.0	1.12	Mz
37.635	2.3881	2.3940	0.280	34	15	5.5	3.13	Al+Mz
38.415	2.3414	2.3472	0.080	193	15	31.4	2.59	Mz+Al
42.255	2.1371	2.1423	0.400	8	18	1.3	1.03	Mz
46.335	1.9580	1.9628	0.060	50	12	8.2	0.89	Mz
48.525	1.8746	1.8792	0.100	48	12	7.7	1.12	Mz
50.935	1.7914	1.7958	0.240	4	11	0.6	0.88	Mz

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel [%]	Signif miner.	Ident.
52.010	1.7569	1.7612	0.240	9	11	1.5	1.10	Mz
52.715	1.7350	1.7393	0.400	14	11	2.2	1.69	Mz
54.430	1.6843	1.6885	0.320	9	10	1.5	1.24	Mz + Rt
55.800	1.6462	1.6502	0.320	14	10	2.3	1.32	Mz
57.515	1.6011	1.6050	0.100	108	10	17.6	3.85	Mz
57.675	1.5970	1.6010	0.080	79	10	12.5	1.41	Mz
60.475	1.5296	1.5334	0.480	4	10	0.7	1.65	Mz
62.860	1.4772	1.4808	1.480	3	11	0.5	1.44	Mz?

MUESTRA: M-7 (< 0,1) PRC (densos de mesa de sacudidas)

Esta muestra corresponde a la fracción inferior a 100 μm del concentrado M-7 y su composición mineralógica es cualitativamente igual a la de la muestra anterior. La xenotima parece estar aquí en mayor proporción.

Intensidad máxima ..... 595.3600  
 Número de picos ..... 24

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel [%]	Signif [%]	Ident. miner.
13.655	6.4796	6.4956	0.240	12	15	1.9	1.02	
18.775	4.7226	4.7342	0.060	56	19	9.4	1.17	Mz
21.715	4.0894	4.0994	0.120	26	18	4.4	0.81	Mz
24.100	3.6898	3.6989	0.140	12	18	1.9	0.81	
25.860	3.4425	3.4510	0.120	595	18	100.0	11.18	Xn
26.945	3.3063	3.3144	0.120	216	18	36.3	3.03	Mz
28.960	3.0807	3.0883	0.080	146	18	24.6	0.92	Mz
31.290	2.8564	2.8634	0.160	18	17	3.0	0.82	Mz
33.255	2.6920	2.6986	0.100	5	17	0.5	0.79	Mz
34.445	2.6016	2.6080	0.640	8	16	1.3	1.24	Mz
36.735	2.4445	2.4506	0.160	27	16	4.5	0.81	Mz + Xn
38.410	2.3417	2.3475	0.080	219	16	36.8	3.11	Mz + Al
38.540	2.3341	2.3398	0.040	142	16	23.8	0.79	Mz + Al
41.425	2.1780	2.1833	0.240	8	15	1.4	0.98	
42.155	2.1419	2.1472	0.160	31	15	5.3	1.08	Mz + Xn
44.720	2.0248	2.0298	0.200	11	14	1.8	1.23	Al
46.255	1.9612	1.9660	0.640	7	15	1.1	1.17	Mz
48.730	1.8672	1.8718	0.320	17	16	2.8	1.43	Mz
51.775	1.7643	1.7686	0.240	14	14	2.3	1.93	Mz
54.240	1.6898	1.6938	0.320	4	13	0.6	0.75	Mz
55.655	1.6501	1.6542	0.480	4	12	0.7	0.96	Mz
57.375	1.6047	1.6086	0.200	11	12	1.8	0.78	Mz
60.165	1.5368	1.5405	0.640	2	12	0.4	2.00	Mz
63.705	1.4596	1.4632	0.400	4	12	0.7	1.31	Mz

**MUESTRA:** SA-29 (0,5-0,1 mm) PRC(D); 0,3 amperios.

Los minerales identificados por otros métodos fueron: Ilmenita, clorita, óxidos de hierro, almandino, leucoxeno y biotita. Los resultados de DRX muestran como más abundantes la ilmenita y el almandino.

Intensidad máxima . . . . . 488.4100  
 Número de picos . . . . . 23

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	I <sub>fon</sub>	I <sub>rel</sub>	Signif [%]	Ident. miner.
23.335	3.8090	3.8184	0.120	42	29	8.7	1.81	
26.175	3.4018	3.4102	0.160	40	30	8.1	1.03	Bt
32.025	2.7925	2.7994	0.400	52	27	10.6	3.97	Ilm
34.305	2.6119	2.6184	0.120	28	24	5.8	1.38	Bt?
34.885	2.5698	2.5761	0.200	37	24	7.6	1.66	Ilm+Alm
37.980	2.3672	2.3730	0.120	132	22	27.1	1.56	Al
38.420	2.3411	2.3469	0.060	488	21	100.0	1.88	Alm+Al
38.540	2.3341	2.3398	0.040	262	21	53.7	1.51	Al
40.015	2.2514	2.2569	0.480	10	20	2.0	1.16	Ilm+Alm+Al
42.410	2.1296	2.1349	0.200	15	18	3.1	1.39	Alm
44.175	2.0485	2.0536	0.080	119	17	24.3	0.86	Alm
44.725	2.0246	2.0296	0.200	29	16	6.0	1.69	Al
48.270	1.8839	1.8885	0.200	61	14	12.5	2.62	Ilm+Alm
52.685	1.7359	1.7402	0.200	55	12	11.2	2.35	Ilm
53.860	1.7008	1.7050	0.240	10	12	2.1	1.64	Bt
55.775	1.6469	1.6509	0.100	59	12	12.1	2.39	Ilm+Alm
55.925	1.6428	1.6468	0.060	42	12	8.7	2.72	Alm+Ilm?
57.115	1.6114	1.6153	0.120	14	12	2.8	1.22	Alm
59.460	1.5533	1.5571	0.080	48	12	9.7	1.99	
59.630	1.5493	1.5531	0.080	26	12	5.3	1.10	Alm+Bt?
61.325	1.5105	1.5142	0.320	18	12	3.6	1.73	Ilm
62.830	1.4778	1.4815	0.160	24	12	4.9	1.20	Ilm
64.580	1.4420	1.4455	0.080	114	12	23.4	1.31	Al+Alm

**MUESTRA:** SA-29 (0,5-0,1) PRC(D); 0,5 amperios

En esta fracción se habían identificado: biotita, almandino, clorita, óxidos de hierro (limonita), leucoxeno e ilmenita. La difracción de RX muestra como minerales más abundantes las micas (biotitas y cloritas).

Intensidad máxima . . . . . 1466.890  
 Número de picos . . . . . 21

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	I <sub>fon</sub>	I <sub>rel</sub>	Signif [%]	Ident. miner.
6.335	13.9408	13.9751	0.120	79	16	5.4	2.56	Cl
7.530	11.7309	11.7597	0.320	74	18	5.0	0.96	Bt
8.935	9.8891	9.9135	0.100	1467	20	100.0	6.74	Bt
12.645	6.9948	7.0120	0.100	74	19	5.0	1.51	Cl

Ángulo [°2θ] <sub>α<sub>1</sub></sub>	d-valor [A]	d-valor α <sub>2</sub> [A]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	I <sub>fon</sub>	I <sub>rel</sub>	Signif [%]	Ident. miner.
17.745	4.9943	5.0066	0.120	28	25	1.9	1.09	Mt
18.950	4.6793	4.6909	0.160	16	28	1.1	1.05	Cl
25.325	3.5140	3.5227	0.120	50	44	3.4	1.68	Cl
26.695	3.3367	3.3449	0.200	751	46	51.2	30.14	Bt
30.570	2.9220	2.9292	0.200	6	37	0.4	0.76	Bt
31.045	2.8784	2.8855	0.120	10	36	0.7	1.14	Alm
31.730	2.8178	2.8247	0.240	8	36	0.5	1.55	Cl
34.250	2.6160	2.6224	0.100	27	32	1.8	0.77	Cl+Hm+Alm+Bt
35.810	2.5055	2.5117	0.140	104	30	7.1	4.74	Bt+Hm
36.915	2.4330	2.4390	0.160	12	29	0.8	0.98	Bt+Cl
38.420	2.3411	2.3469	0.080	142	28	9.7	3.84	Alm+Al
39.785	2.2639	2.2694	0.480	3	269	0.2	0.98	Cl+Bt+Alm
41.525	2.1729	2.1783	0.240	11	25	0.7	1.64	Bt
45.120	2.0078	2.0128	0.140	90	22	6.2	4.11	Bt+Cl
54.800	1.6738	1.6780	0.240	27	18	1.8	3.66	Bt+Cl+Hm+Alm
60.055	1.5393	1.5431	0.200	13	19	0.9	1.30	Bt+Cl+Alm+Al
62.845	1.4775	1.4812	0.240	3	20	0.2	1.17	Bt+Cl

MUESTRA: SA-29 (0,5-0,1) PRC(D); 0,6 amperios.

Los minerales identificados en esta fracción por otros métodos fueron: biotita, clorita, moscovita con sillimanita, turmalina, monacita, óxidos de hierro (limonita), grosularia y diópsido.

La difracción de RX muestra como más abundantes las micas (biotitas y cloritas principalmente) y no se pone de manifiesto la presencia de los otros minerales.

Intensidad máxima . . . . . 615.0400  
 Número de picos . . . . . 25

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [A]	d-valor α <sub>2</sub> [A]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	I <sub>fon</sub>	I <sub>rel</sub>	Signif [%]	Ident. miner.
6.350	13.9079	13.9421	0.200	30	20	4.9	0.90	Cl
6.615	13.3513	13.3842	0.200	23	20	3.7	0.77	Cl
8.820	10.0178	10.0425	0.160	576	21	93.7	5.58	Bt+Mt
12.505	7.0728	7.0902	0.240	42	20	6.9	0.90	Cl
22.195	4.0020	4.0118	0.120	14	35	2.3	0.95	
25.230	3.5270	3.5357	0.120	46	38	7.5	1.22	Cl
26.600	3.3484	3.3566	0.160	615	37	100.0	10.74	Bt+Mt
28.380	3.1423	3.1500	0.240	23	37	3.7	0.96	Bt
30.510	2.9276	2.9348	0.480	13	37	2.1	1.98	Bt
34.080	2.6287	2.6351	0.100	53	34	8.7	0.86	Bt+Cl+Mt
34.780	2.5773	2.5837	0.080	92	32	15.0	1.22	Mt+Bt+Cl
35.695	2.5133	2.5195	0.200	72	31	11.7	3.37	Bt
36.755	2.4433	2.4493	0.320	19	30	3.1	1.19	
38.430	2.3405	2.3463	0.080	365	28	59.3	3.53	Al

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
41.390	2.1797	2.1851	0.200	29	26	4.7	1.63	Bt+Mt
42.670	2.1173	2.1225	0.240	8	25	1.3	1.53	
45.000	2.0129	2.0178	0.100	79	22	12.9	1.14	Cl+Bt
45.450	1.9940	1.9989	0.120	31	22	5.1	1.81	
47.340	1.9187	1.9234	0.640	4	20	0.7	1.11	Bt
48.620	1.8711	1.8757	0.400	5	20	0.8	1.10	Cl
50.250	1.8142	1.8187	0.120	13	18	2.1	0.85	
54.690	1.6769	1.6811	0.200	38	19	6.2	1.70	Bt+Cl
56.745	1.6210	1.6250	0.080	18	19	3.0	1.30	Bt+Cl
60.020	1.5401	1.5439	0.280	29	21	4.7	2.32	Bt+Cl
62.825	1.4779	1.4816	0.480	4	20	0.6	1.23	Bt+Cl

MUESTRA: SA-29 (0,5-0,1) PRC(D); 0,8 amperios.

En esta fracción se habían identificado: biotita, clorita, sillimanita, moscovita, turmalina, ilmenorutilo, grosularia y diópsido. Si bien con cierta dificultad, pueden identificarse la mayoría de los minerales señalados, sobre todo los más abundantes (micas, sillimanita y turmalina).

Intensidad máxima ..... 610.0900  
 Número de picos ..... 52

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
6.345	13.9188	13.9531	0.240	32	18	5.3	1.04	Cl
8.885	9.9447	9.9691	0.100	610	20	100.0	3.11	Mt+Bt
12.540	7.0531	7.0705	0.160	40	21	6.5	0.87	Cl
13.940	6.3478	6.3634	0.240	12	21	1.9	1.18	Tm
17.860	4.9624	4.9746	0.120	44	25	7.1	2.06	Mt+Tm
18.460	4.8024	4.8142	0.120	14	26	2.4	0.78	
19.370	4.5788	4.5901	0.120	44	28	7.1	2.53	Bt+Sll+Tm?
20.965	4.2339	4.2443	0.080	62	30	10.2	1.04	Tm
21.185	4.1905	4.2008	0.120	72	30	11.8	1.88	Tm
22.385	3.9685	3.9782	0.120	67	32	11.0	3.20	Tm
25.775	3.4537	3.4622	0.100	128	45	20.9	2.84	Tm+Sll
26.695	3.3367	3.3449	0.140	369	45	60.4	6.78	Mt+Sll+Tm
26.910	3.3105	3.3187	0.060	121	45	19.8	0.77	Mt+Sll+Tm
27.335	3.2600	3.2680	0.100	48	45	7.8	1.92	Irt
30.340	2.9436	2.9509	0.100	59	41	9.7	2.25	Bt+Sll+Tm+Irt
33.600	2.6651	2.6717	0.160	9	34	1.5	0.86	Bt+Sll+Cl
33.895	2.6426	2.6491	0.120	14	32	2.2	1.22	
34.290	2.6130	2.6195	0.200	17	32	2.8	0.93	
34.840	2.5730	2.5794	0.080	46	32	7.6	1.10	Mt
35.795	2.5065	2.5127	0.160	36	31	5.9	1.35	Irt+Bt?+Sll?
36.730	2.4449	2.4509	0.320	12	31	2.0	1.63	Bt
37.275	2.4104	2.4163	0.120	12	30	2.0	1.61	Sll
37.745	2.3814	2.3873	0.160	18	30	3.0	1.08	



Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
38.420	2.3411	2.3469	0.060	199	29	32.6	1.74	Mt
38.550	2.3335	2.3393	0.060	98	29	16.1	0.78	Al
41.400	2.1792	2.1846	0.160	17	27	2.8	1.08	Bt + Tm? + Sll?
41.800	2.1593	2.1646	0.160	14	27	2.4	1.16	Mt + Tm?
42.535	2.1237	2.1289	0.240	9	26	1.5	1.82	Sll
43.895	2.0610	2.0660	0.060	14	25	2.2	0.87	Cl?
44.195	2.0477	2.0527	0.080	18	25	3.0	0.88	Al
44.420	2.0378	2.0428	0.060	42	25	6.9	2.63	Al?
45.080	2.0095	2.0144	0.060	48	25	7.8	1.01	Bt
45.475	1.9930	1.9979	0.200	42	24	6.9	3.72	Mt
47.425	1.9155	1.9202	0.100	52	23	8.5	2.76	Bt
48.630	1.8708	1.8754	0.240	9	22	1.5	1.38	Sll?
50.205	1.8157	1.8202	0.200	11	21	1.8	2.54	Sll?
51.415	1.7758	1.7802	0.080	14	21	2.2	0.86	Bt + Sll + Cl
52.155	1.7523	1.7566	0.060	10	21	1.6	1.59	Bt + Cl
54.795	1.6740	1.6781	0.240	14	21	2.4	1.64	Bt + Cl + Irt?
54.430	1.6563	1.6604	0.120	9	21	1.5	0.80	
56.115	1.6377	1.6417	0.240	9	21	1.5	1.06	Irt
56.765	1.6205	1.6245	0.120	8	21	1.3	1.43	
57.805	1.5938	1.5977	0.080	45	21	7.4	2.45	Sll
57.970	1.5896	1.5935	0.060	32	21	5.3	1.05	Sll
60.005	1.5405	1.5443	0.060	25	21	4.1	2.05	Bt + Cl
61.045	1.5167	1.5204	0.080	92	21	15.1	4.67	Cl + Sll
61.205	1.5131	1.5168	0.060	49	21	8.00	1.48	Cl + Sll
61.700	1.5022	1.5059	0.200	26	21	4.3	3.18	
62.685	1.4809	1.4846	0.060	8	21	1.3	0.84	
62.945	1.4754	1.4790	0.100	40	21	6.5	2.53	
63.115	1.4719	1.4755	0.080	20	21	3.3	1.07	Bt + Cl
64.160	1.4504	1.4539	0.060	15	21	2.5	1.03	

MUESTRA: SA-29 (0,5-0,1) PRC(D); 1,0 amperios.

En esta fracción se habían identificado: moscovita y moscovita con sillimanita, sillimanita, biotita, clorita, andalucita, monacita, cuarzo, turmalina y diópsido. La difracción de RX confirma la mayor proporción de moscovita y sillimanita así como la presencia de algunos de los otros minerales señalados.

Intensidad máxima . . . . . 538.2400  
 Número de picos . . . . . 43

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
3.745	23.5743	23.6323	0.960	44	12	8.1	1.60	
8.925	9.9002	9.9245	0.140	538	22	100.0	5.50	Mt + Bt
12.430	7.1153	7.1328	0.800	16	18	3.0	1.75	Cl
13.940	6.3478	6.3634	0.240	12	21	1.9	1.18	Tm
17.815	4.9748	4.9871	0.140	159	24	29.5	5.34	Mt + Tm

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
19.895	4.4592	4.4701	0.240	30	23	5.6	0.84	Mt
20.895	4.2480	4.2584	0.200	34	23	6.2	0.81	Tm?
23.855	3.7271	3.7363	0.240	23	23	4.3	0.84	Mt+Sll
25.690	3.4649	3.4734	0.080	119	22	22.1	1.06	Sll+Mt+Cl?+Tm?
26.100	3.4114	3.4198	0.100	62	22	11.6	0.99	Sll
26.875	3.3148	3.3229	0.120	449	22	83.5	5.58	Sll+Mt+Bt+Mz?
27.885	3.1970	3.2048	0.200	38	22	7.1	1.51	Sll+Mt+Bt
29.815	2.9943	3.0016	0.240	37	22	6.9	1.03	Mt+Mz
30.275	2.9498	2.9571	0.140	61	22	11.3	2.08	Tm?
31.285	2.8568	2.8639	0.160	30	21	5.6	1.19	Sll+Cl?+Mz?
32.140	2.7828	2.7896	0.240	18	21	3.4	1.18	Mt
33.440	2.6775	2.6841	0.160	20	21	3.8	0.92	Sll+Bt+Cl?
33.825	2.6479	2.6544	0.060	59	21	11.0	1.69	Tm?
34.790	2.5766	2.5830	0.080	256	21	47.6	2.96	Mt+Tm
35.355	2.5367	2.5430	0.120	26	21	4.8	1.22	Sll+Bt+Tm
36.055	2.4891	2.4952	0.100	49	21	9.1	1.00	Mt+Sll?
36.635	2.4510	2.4570	0.120	27	20	5.0	1.02	Bt
37.870	2.3738	2.3797	0.160	37	20	6.9	1.00	Sll+Al+Cl?
38.425	2.3408	2.3466	0.060	317	20	58.9	1.81	Al
39.440	2.2829	2.2885	0.200	15	20	2.8	0.87	Sll+Mt
40.180	2.2425	2.2480	0.320	10	20	1.8	0.81	Mt
41.085	2.1952	2.2006	0.480	14	20	2.5	0.80	Sll+Mt+Bt
42.315	2.1342	2.1394	0.160	21	19	3.9	0.85	Sll+Mt+Mz?
44.705	2.0255	2.0305	0.200	22	19	4.1	1.44	Bt+Cl+Al?
45.410	1.9957	2.0006	0.100	146	19	27.2	2.16	Sll
47.335	1.9181	1.9229	0.060	32	18	6.0	1.62	Bt
48.635	1.8706	1.8752	0.160	12	18	2.3	1.82	Sll
50.140	1.8179	1.8224	0.200	17	18	3.1	2.27	Sll
52.840	1.7312	1.7355	0.240	6	18	1.1	1.37	Bt+Sll?
53.550	1.7099	1.7141	0.120	7	18	1.4	0.75	Sll
55.335	1.6589	1.6630	0.320	17	18	3.1	1.93	
55.750	1.6475	1.6516	0.080	19	18	3.6	0.78	
58.300	1.5814	1.5853	0.240	7	18	1.4	1.72	
59.900	1.5429	1.5467	0.060	20	18	3.8	0.75	Bt+Mt+Al
60.650	1.5256	1.5294	0.240	13	18	2.4	0.97	
61.755	1.5010	1.5047	0.400	11	18	2.0	1.39	
62.745	1.4796	1.4833	0.160	12	18	2.1	1.01	Bt+Cl?
64.030	1.4530	1.4566	0.160	17	18	3.1	1.04	

MUESTRA: SA-29 (0,5-0,1) PRC(D); 1,4 amperios.

En esta fracción se habían identificado: moscovita, sillimanita, clorita, biotita, rutilo, feldspatos, cuarzo, turmalina y topacio. Los minerales más abundantes, es decir las micas y la sillimanita son claramente identificables, así como también lo es la turmalina.

Intensidad máxima . . . . . 2043.040  
 Número de picos . . . . . 47

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
8.960	6.8616	9.8859	0.080	2043	20	100.0	5.20	Mt
12.445	7.1068	7.1242	0.320	41	17	2.0	1.01	Cl
13.985	6.3274	6.3430	0.060	56	17	2.8	0.82	Tm
16.020	5.5280	5.5416	0.120	40	17	1.9	1.52	Sll?
17.865	4.9610	4.9732	0.120	645	17	31.6	8.69	Mt + Tm
19.925	4.4525	4.4635	0.240	46	17	2.3	2.87	Mt
20.975	4.2319	4.2423	0.080	108	17	5.3	0.84	Tm
3.9685	3.9782	0.240	34	17	1.6	1.03		
22.990	3.8654	3.8749	0.240	37	17	1.8	1.27	Mt
23.920	3.7171	3.7263	0.200	44	17	2.1	1.32	Mt + Sll
25.630	3.4728	3.4814	0.160	74	17	3.6	0.95	Sll + Mt + Cl? + Tm?
26.180	3.4012	3.4095	0.100	213	17	10.4	2.91	Sll
26.895	3.3123	3.3205	0.140	1789	17	87.6	19.49	Sll + Mt + Bt
27.945	3.1902	3.1981	0.120	59	17	2.9	1.04	Sll + Mt + Bt
29.940	2.9820	2.9894	0.140	76	17	3.7	2.52	Mt + Tm
31.375	2.8488	2.8559	0.080	59	17	2.9	0.92	Sll + Cl?
32.115	2.7849	2.7917	0.200	55	17	2.7	2.26	Mt
33.525	2.6709	2.6775	0.100	36	17	1.8	0.77	Sll + Bt + Cl?
33.905	2.6418	2.6483	0.120	26	17	1.3	1.05	Tm?
35.065	2.5570	2.5633	0.100	66	17	3.2	0.84	
36.080	2.4874	2.4935	0.080	172	17	8.4	1.56	Mt + Sll?
36.620	2.4519	2.4580	0.200	26	17	1.3	1.02	Bt
37.210	2.4144	2.4204	0.120	45	17	2.2	3.79	
37.880	2.3732	2.3791	0.060	34	17	1.6	1.06	Sll + Al + Cl?
38.425	2.3408	2.3466	0.080	231	17	11.3	2.84	Al
38.810	2.3185	2.3242	0.120	24	17	1.2	0.76	Al?
39.560	2.2762	2.2818	0.240	26	17	1.3	2.45	Sll + Mt
40.975	2.2008	2.2063	0.120	35	17	1.7	3.13	Sll + Mt + Bt
42.495	2.1256	2.1308	0.200	41	17	2.0	2.50	Sll + Mt
42.905	2.1062	2.1114	0.120	21	17	1.0	1.05	
44.540	2.0326	2.0376	0.320	16	17	0.8	0.97	Bt + Cl + Al?
45.460	1.9936	1.9985	0.120	529	17	25.9	6.48	Sll
48.055	1.8918	1.8965	0.240	6	17	0.3	1.00	
49.190	1.8508	1.8553	0.080	16	17	0.3	0.79	
50.200	1.8159	1.8204	0.080	55	17	2.7	1.52	Sll
52.910	1.7291	1.7333	0.400	8	17	0.4	1.38	Bt + Sll
53.685	1.7059	1.7101	0.120	15	17	0.7	1.06	Sll
55.390	1.6574	1.6615	0.280	21	17	1.0	1.24	
55.820	1.6456	1.6497	0.160	32	17	1.6	1.20	
57.725	1.5958	1.5997	0.060	20	17	1.0	0.98	
57.885	1.5918	1.5957	0.040	14	17	0.7	0.80	
58.380	1.5794	1.5833	0.200	8	17	0.4	1.10	
59.265	1.5579	1.5618	0.160	5	17	0.3	1.01	
60.040	1.5397	1.5435	0.080	32	17	1.6	0.81	Al
61.060	1.5164	1.5201	0.100	19	17	0.9	0.90	
61.630	1.5037	1.5074	0.320	14	17	0.7	0.81	
64.055	1.4525	1.4561	0.240	18	17	0.9	2.47	

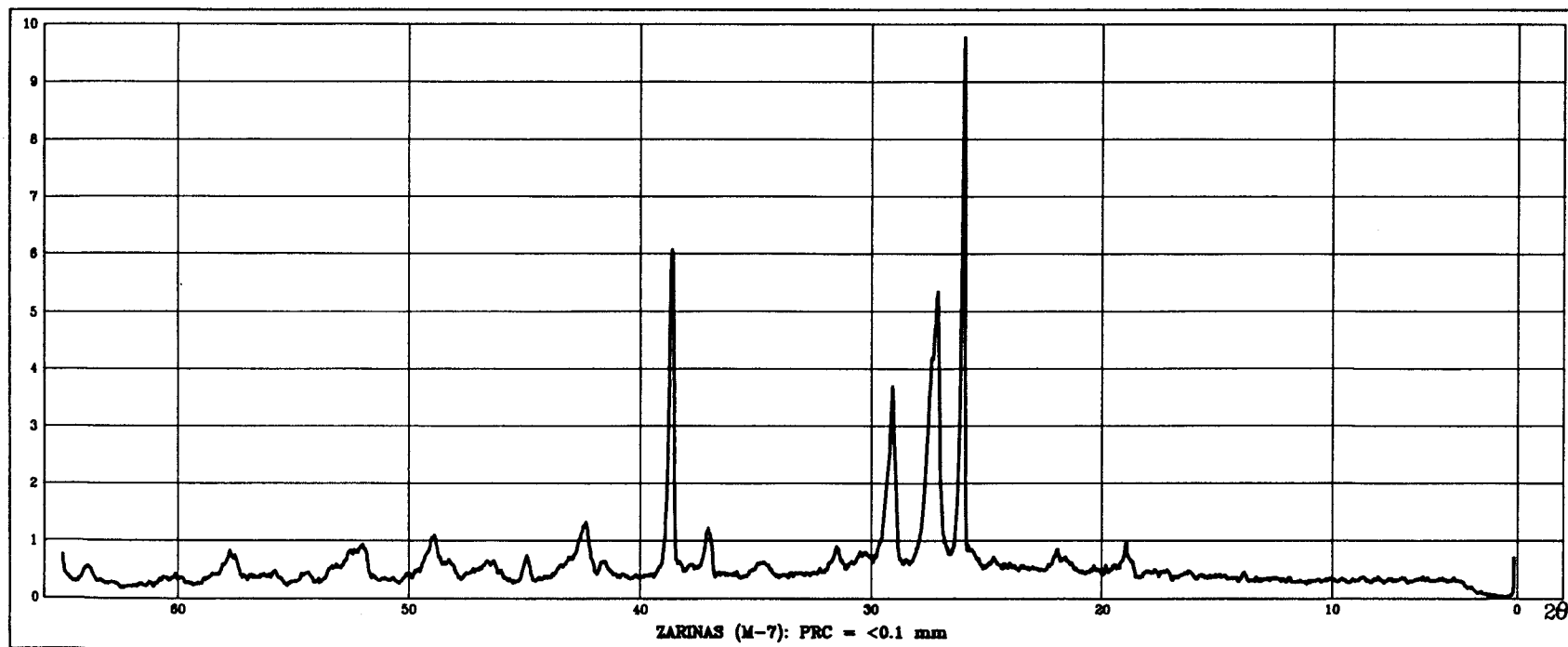
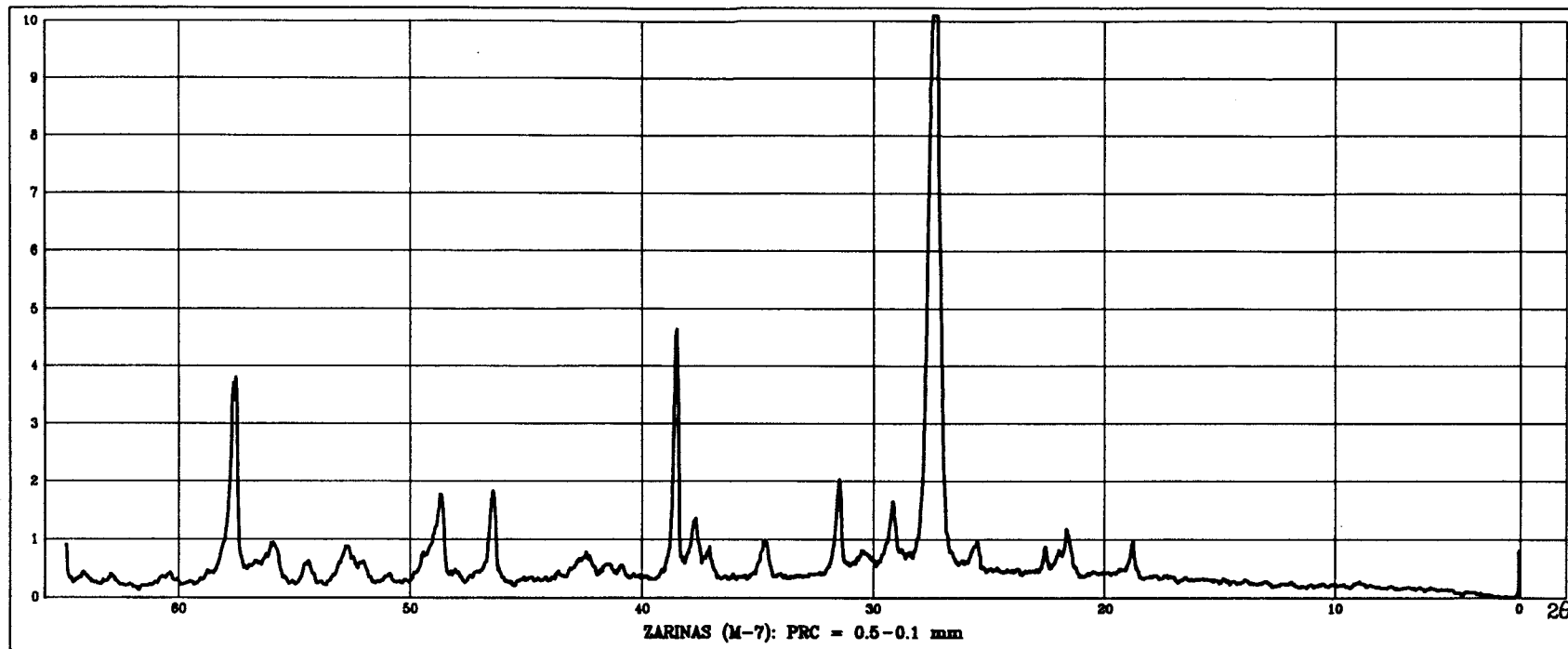
MUESTRA: SA-29 (0,5-0,1) PRC(D); No Magnética a 1,4 amp.

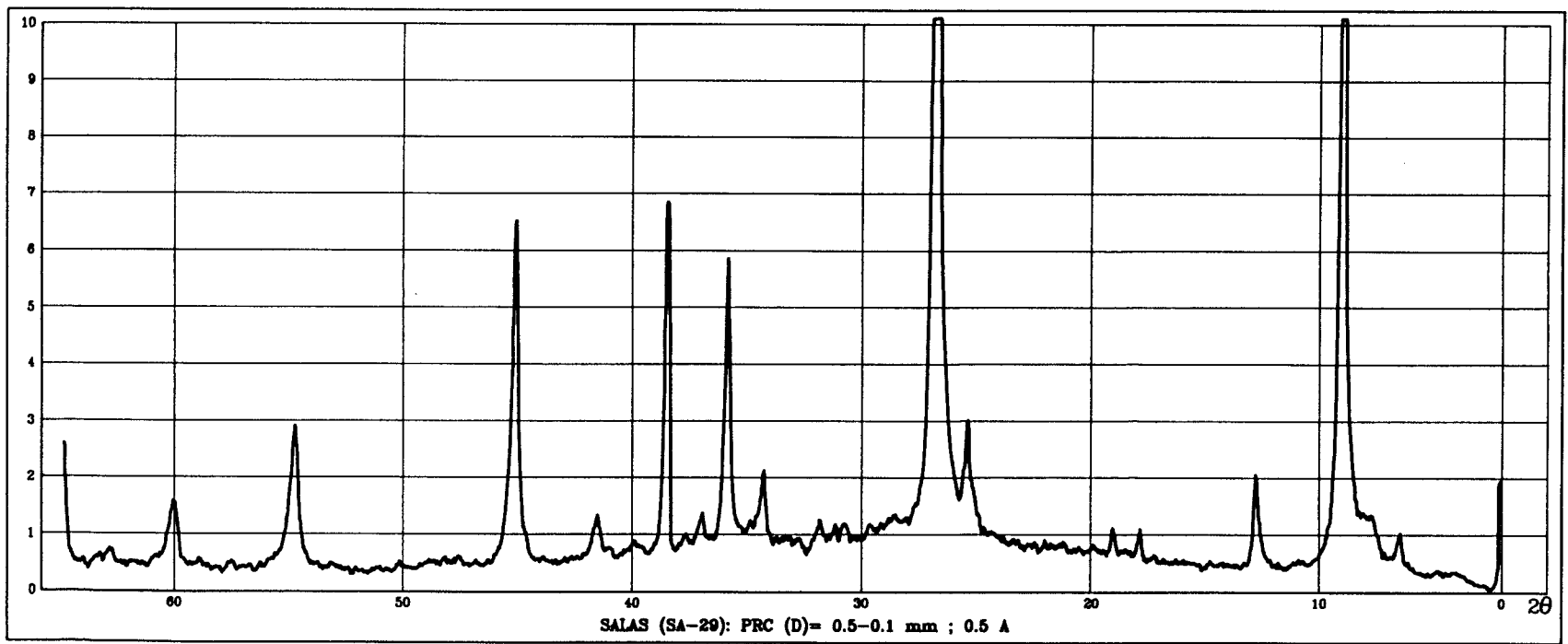
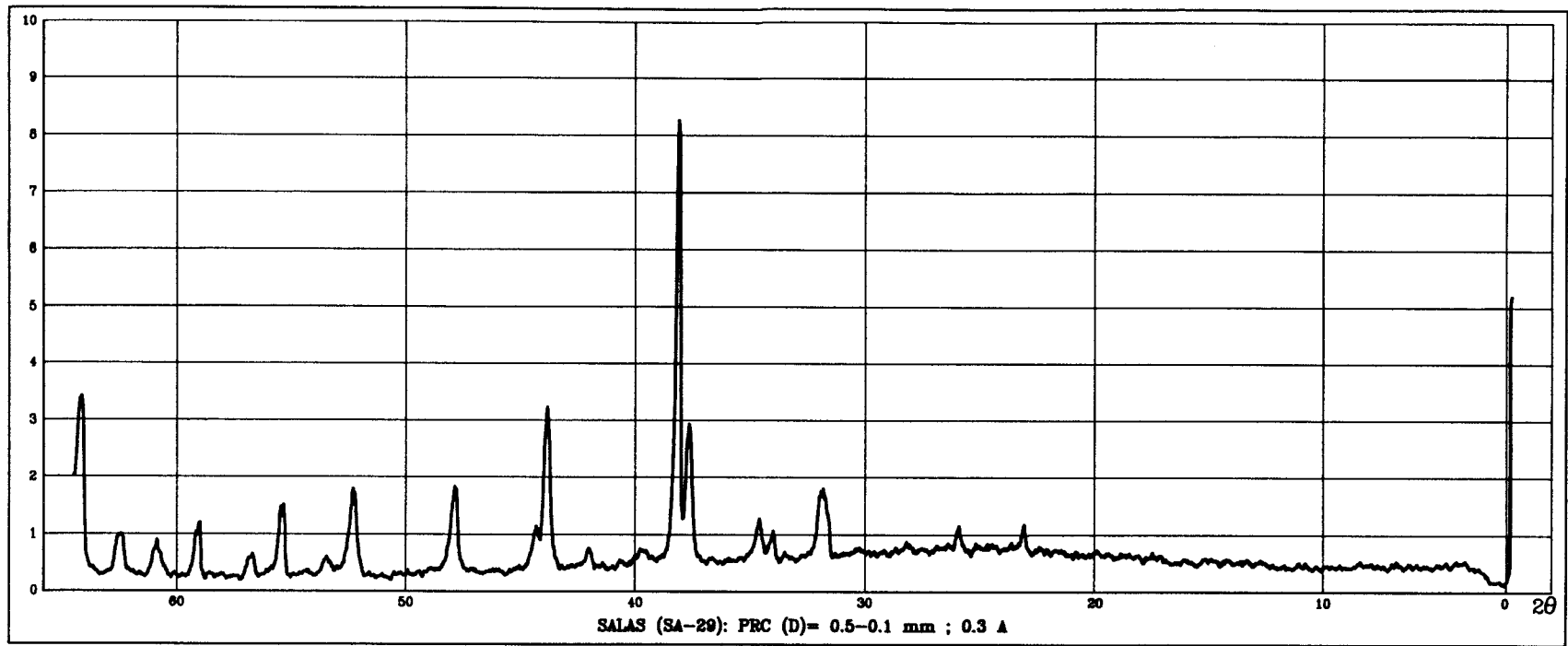
Se habían identificado en esta fracción: sillimanita, moscovita y moscovita con sillimanita, andalucita, circón, rutilo, broquita, cuarzo y feldespato. La moscovita (con sillimanita) es el mineral más abundante junto con el cuarzo, como queda reflejado en los resultados de DRX.

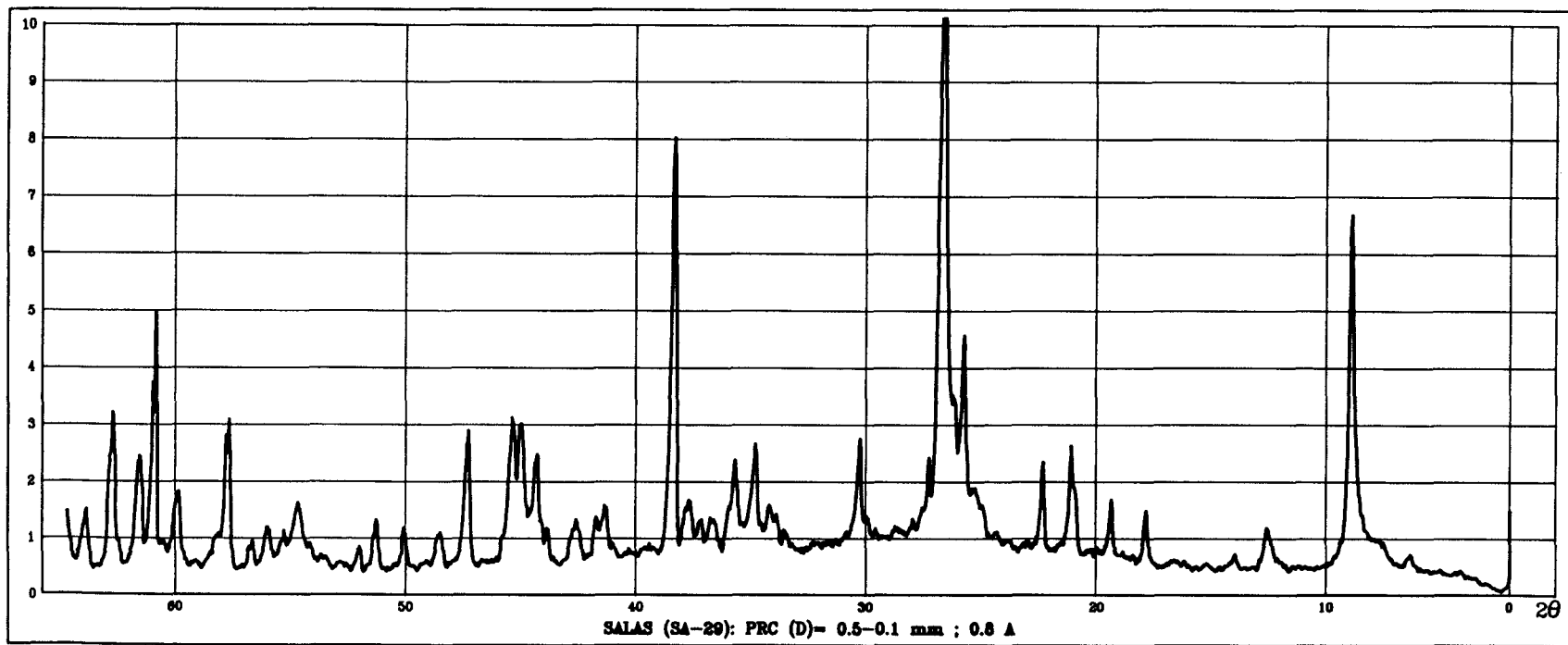
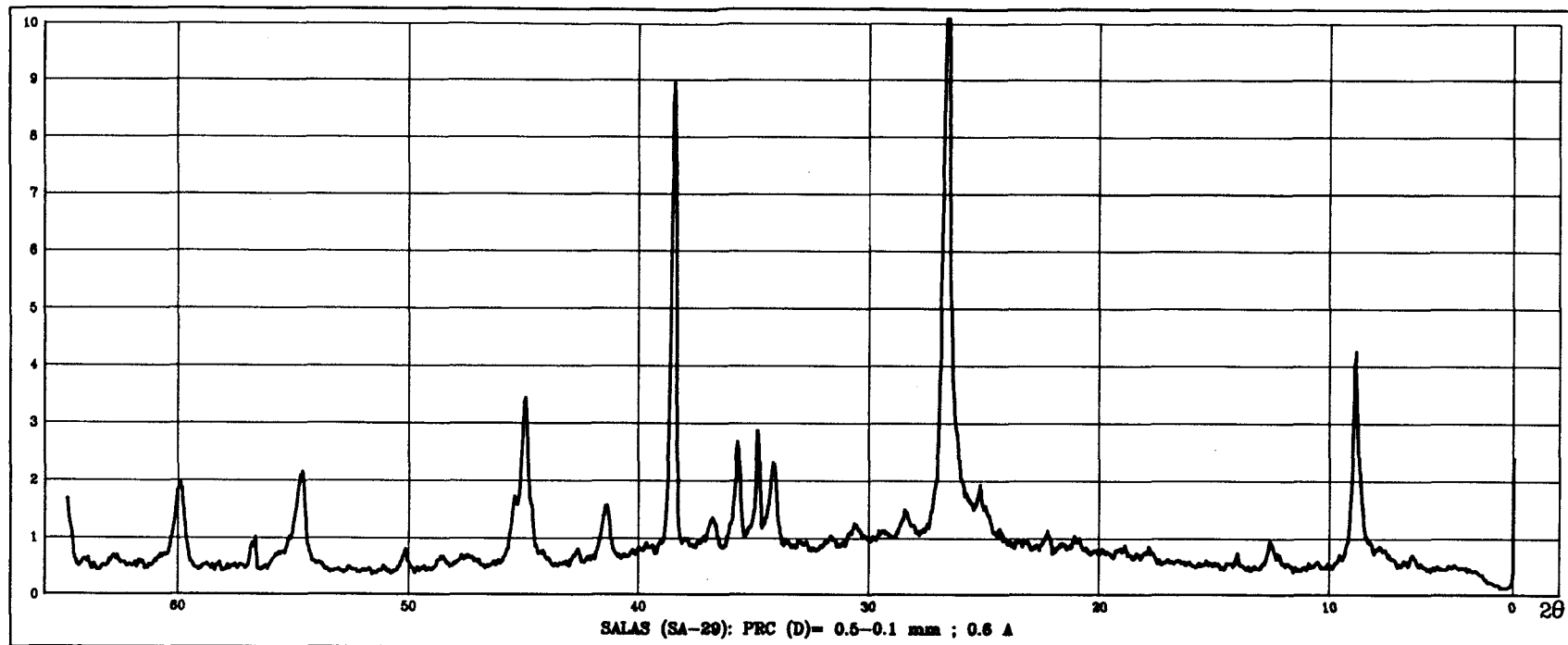
Intensidad máxima . . . . . 1764.000  
 Número de picos . . . . . 53

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	I <sub>fon</sub>	I <sub>rel</sub>	Signif [%]	Ident. miner.
8.890	9.8397	9.8639	0.120	571	14	32.4	6.61	Mt
16.580	5.3425	5.3556	0.060	59	19	3.4	1.47	Sll
17.860	4.9624	4.9746	0.160	190	19	10.8	5.90	Mt
19.900	4.4580	4.4690	0.240	25	19	1.4	0.82	Mt
20.975	4.2319	4.2423	0.120	424	19	24.1	6.05	Q
23.025	3.8596	3.8691	0.240	29	19	1.7	1.55	Mt
24.025	3.7011	3.7102	0.120	169	19	9.6	3.33	Mt
25.600	3.4769	3.4854	0.200	40	18	2.2	1.49	Mt
26.185	3.4005	3.4089	0.120	310	18	17.6	7.72	Sll
26.610	3.3472	3.3554	0.060	1176	18	66.7	1.52	Q
26.755	3.3294	3.3375	0.120	1764	18	100.0	8.06	Mt
27.620	3.2270	3.2350	0.120	44	18	2.5	0.79	
27.970	2.1874	3.1953	0.160	55	18	3.1	1.62	Sll + Mt
29.960	2.9801	2.9874	0.160	41	18	2.3	1.22	Mt
30.670	2.9127	2.9199	0.120	27	18	1.5	0.76	
31.275	2.8577	2.8648	0.160	92	18	5.2	4.14	Mt
32.055	2.7899	2.7968	0.160	38	18	2.2	1.19	
33.390	2.6814	2.6880	0.060	52	18	2.9	1.32	Sll
35.015	2.5606	2.5669	0.120	83	18	4.7	1.66	Mt
36.040	2.4901	2.4962	0.100	45	18	2.5	0.88	Mt + Sll
36.620	2.4519	2.4580	0.140	412	18	23.4	12.45	Mt
37.155	2.4179	2.4238	0.080	90	18	5.1	1.44	
37.850	2.3750	2.3809	0.240	16	18	0.9	1.46	Mt + Al
38.425	2.3408	2.3466	0.080	269	18	15.2	3.11	Al
39.520	2.2784	2.2841	0.120	161	18	9.1	3.90	
40.365	2.2327	2.2382	0.160	44	18	2.5	3.45	
40.900	2.2047	2.2101	0.240	17	18	1.0	0.80	Mt + Sll
41.565	2.1710	2.1763	0.080	74	18	4.2	1.75	
41.695	2.1645	2.1698	0.060	58	18	3.3	1.28	
42.115	2.1439	2.1491	0.160	15	18	0.9	9.88	
42.450	2.1277	2.1330	0.100	74	18	4.2	1.65	
42.790	2.1116	2.1168	0.080	52	18	2.9	0.90	
43.310	2.0874	2.0926	0.240	23	18	1.3	2.36	
44.800	2.0214	2.0264	0.280	9	18	0.5	1.84	Al?
45.405	1.9959	2.0008	0.120	119	18	6.8	2.85	
45.865	1.9769	1.9818	0.080	61	18	3.4	0.96	
48.200	1.8865	1.8911	0.240	7	18	0.4	0.79	
49.025	1.8566	1.8612	0.240	10	18	0.5	1.00	

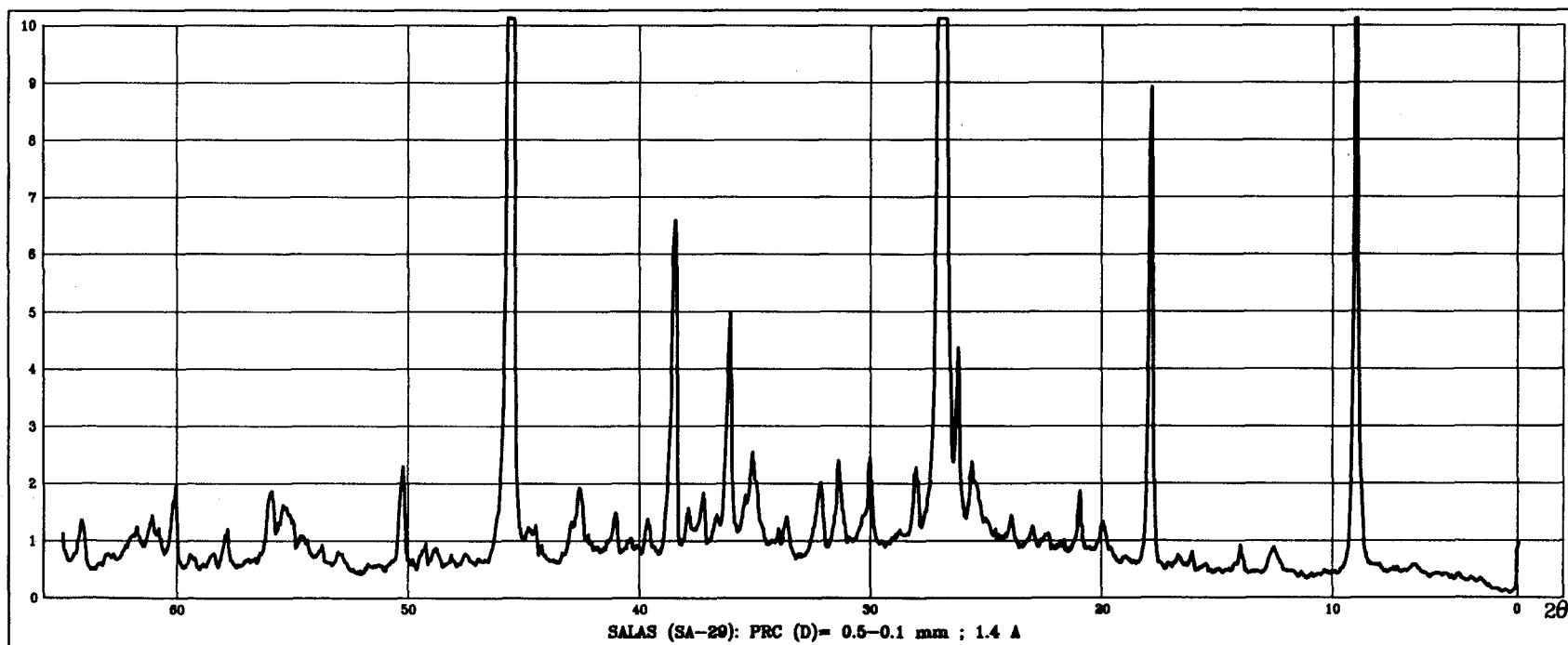
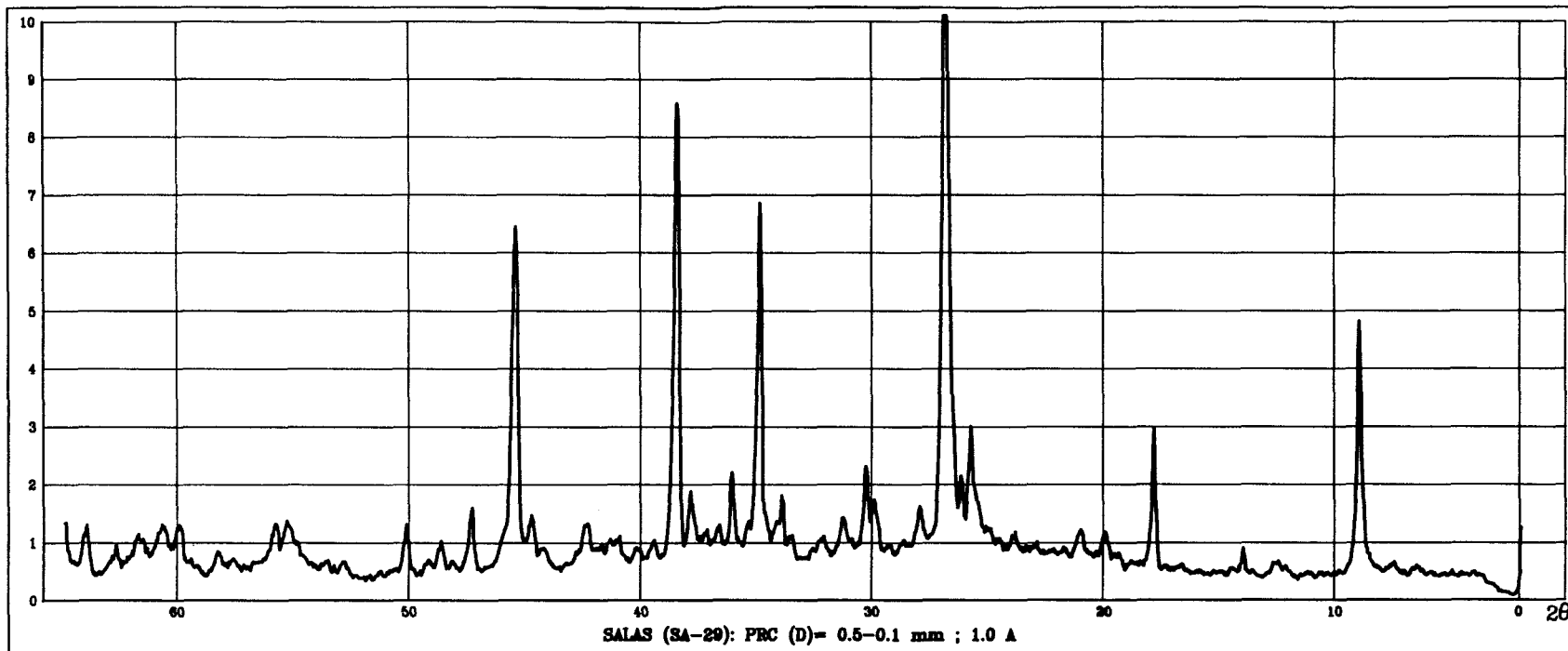
Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
50.195	1.8161	1.8205	0.100	262	18	14.9	4.96	Q
50.360	1.8105	1.8150	0.080	94	18	5.3	1.14	
52.880	1.7300	1.7343	0.240	6	18	0.3	1.01	
53.730	1.7046	1.7083	0.080	24	18	1.4	1.24	
53.880	1.7002	1.7044	0.060	16	18	0.9	1.33	
54.800	1.6738	1.6780	0.080	49	18	2.8	0.93	
55.380	1.6577	1.6618	0.100	38	18	2.2	1.37	
55.935	1.6425	1.6466	0.240	12	18	0.7	0.88	
57.805	1.5938	1.5977	0.080	135	18	7.6	3.72	
57.965	1.5897	1.5937	0.060	72	18	4.1	1.16	
60.005	1.5405	1.5443	0.120	135	18	7.6	4.77	Q
60.195	1.5361	1.5399	0.080	69	18	3.9	1.18	
61.205	1.5131	1.5168	0.280	7	18	0.4	1.66	
61.805	1.4999	1.5036	0.320	8	18	0.4	1.09	
63.950	1.4546	4.4582	0.060	32	18	1.8	1.29	

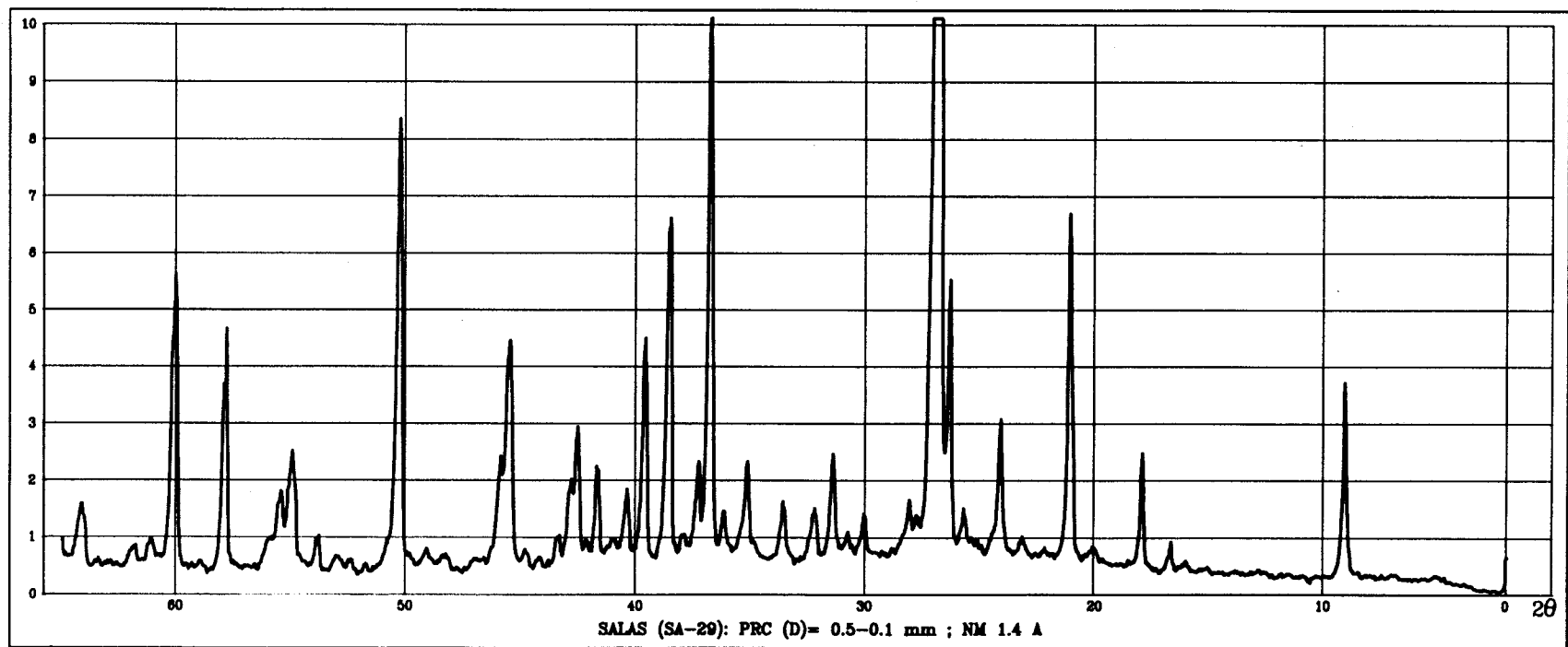












Muestras de granos
--------------------

Condiciones generales de operación:

## DIFRACTÓMETRO DE POLVOSOTFWARE PC-APD

Fecha de la medida	11-mayo-1993
Ánodo	Cu
Tipo de difractómetro	PW1710 BASED
Generador de tensión [kV]	40
Generador de corriente [mA]	40
Longitud de onda Alfa1 [Å]	1.54060
Longitud de onda Alfa2 [Å]	1.54439
Ratio de intensidad (alfa2/alfa1)	0.500
Divergencia de ventana	Automática
Longitud irradiada [mm]	12
Ventana receptora	0,2
Utilización de monocromador	SI
Ángulo inicial [ $^{\circ}2\theta$ ]	2.010
Ángulo final [ $^{\circ}2\theta$ ]	61.950
Tamaño de paso [ $^{\circ}2\theta$ ]	0.020
Tiempo por paso [s]	1.250
Tipo de barrido	Continuo
Intensidades convertidas a	Fijo
Anchura mínima de pico	0.00
Anchura máxima de pico	2.00
Anchura de la base del pico	2.00
Significancia mínima	0.75

**MUESTRA: FERR-2**

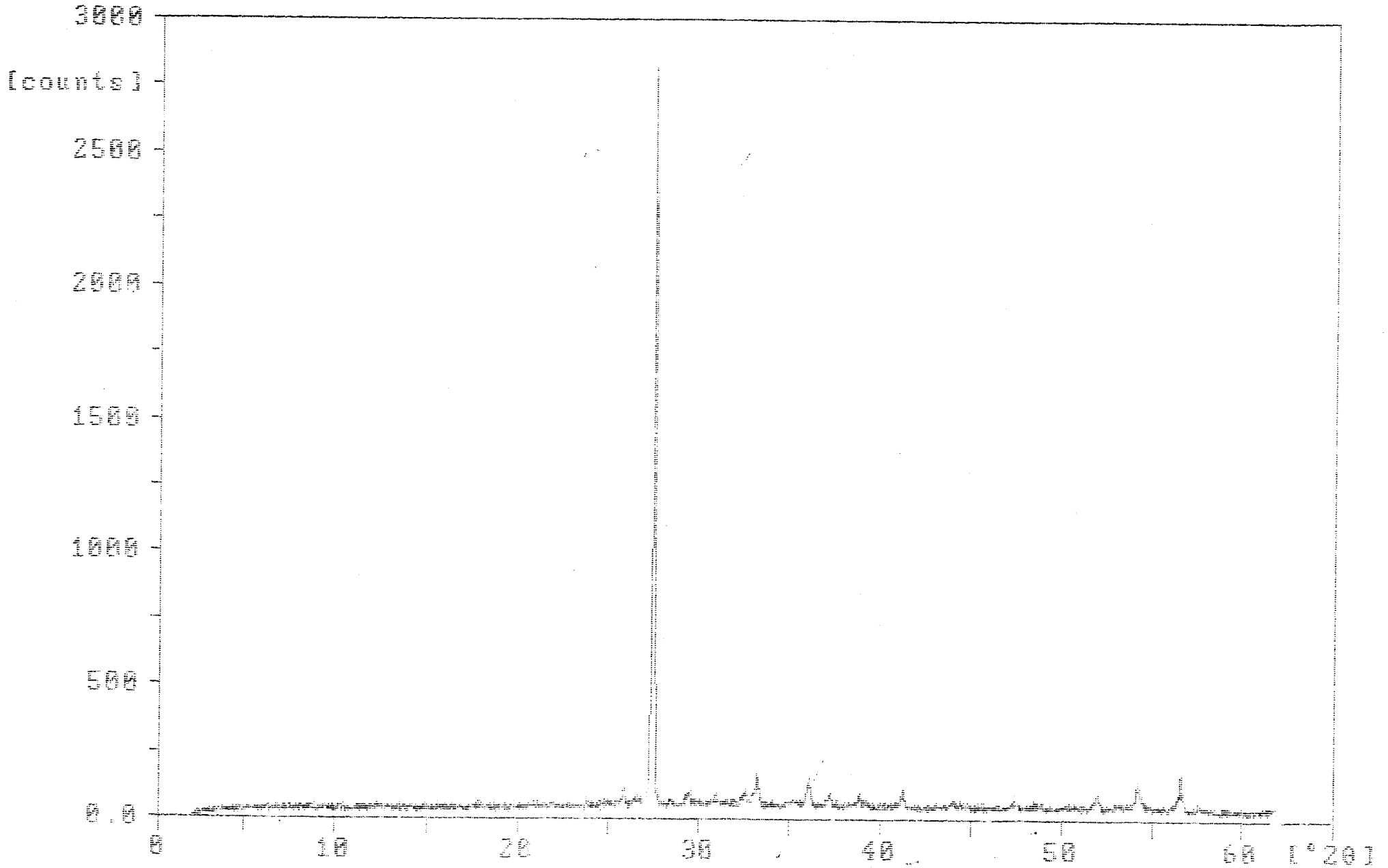
Corresponde a Ilmenorutilo.

Intensidad máxima ..... 2787.840  
 Número de picos ..... 24

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
2.625	33.6296	33.7123	0.800	76	12	2.7	2.05	
8.800	10.0405	10.0652	0.400	16	37	0.6	0.77	
12.525	7.0615	7.0789	0.480	14	37	0.5	1.29	
13.765	6.4281	6.4439	0.240	6	37	0.2	0.99	
17.725	4.9999	5.0122	0.480	10	41	0.3	0.90	
25.905	3.4366	3.4451	0.100	72	49	2.6	1.06	
27.465	3.2449	3.2529	0.140	2788	48	100.0	26.32	Irt
29.445	3.0310	3.0385	0.200	42	48	1.5	1.56	
30.925	2.8893	2.8964	0.160	35	46	1.2	0.81	
32.570	2.7470	2.7538	0.160	45	46	1.6	0.93	
33.205	2.6959	2.7025	0.080	100	46	3.6	0.94	
35.235	2.5451	2.5514	0.320	23	46	0.8	0.89	
36.095	2.4864	2.4925	0.100	71	45	2.5	0.98	Irt
37.255	2.4116	2.4175	0.240	27	45	1.0	2.16	
38.875	2.3148	2.3204	0.120	32	45	1.2	1.74	
41.225	2.1881	2.1935	0.080	49	44	1.8	0.76	Irt
43.985	2.0570	2.0620	0.200	14	46	0.5	0.98	
47.545	1.9109	1.9156	0.240	13	45	0.5	1.92	
48.690	1.8686	1.8732	0.480	6	45	0.2	1.40	
51.975	1.7580	1.7623	0.200	18	48	0.7	1.06	
53.210	1.7200	1.7243	0.480	6	45	0.2	0.75	
54.250	1.6895	1.6937	0.160	50	44	1.8	1.45	Irt
56.600	1.6248	1.6288	0.100	59	40	2.1	1.93	Irt
57.765	1.5948	1.5987	0.480	6	37	0.2	1.29	

Sample Identification: FEHR-2

7-Jul-1993 18:04



93141-2.RD

MUESTRA: FERR-3

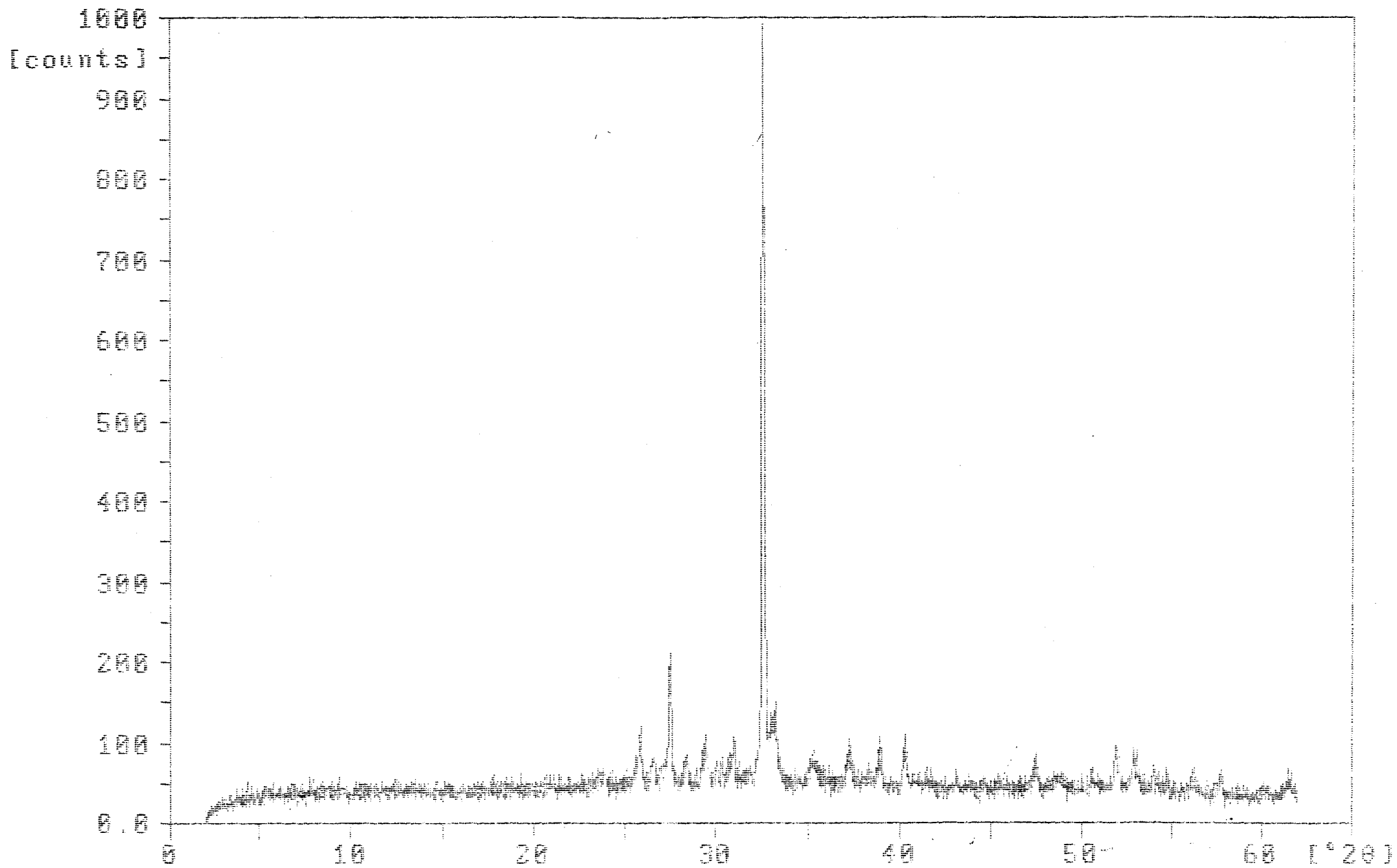
Corresponde a ilmenita.

Intensidad máxima ..... 954.8100  
 Número de picos ..... 22

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
2.635	33.5020	33.5844	0.480	83	12	8.7	1.35	
23.890	3.7217	3.7309	0.400	18	46	1.8	1.12	
25.885	3.4393	3.4477	0.160	79	46	8.3	1.26	
26.650	3.3422	3.3505	0.200	41	46	4.3	0.94	
27.555	3.2345	3.2424	0.100	159	46	16.6	1.89	
28.440	3.1358	3.1435	0.160	36	46	3.8	0.96	
29.475	3.0280	3.0355	0.160	48	46	5.0	0.78	
31.020	2.8806	2.8877	0.060	56	46	5.9	0.83	
32.545	2.7490	2.7558	0.100	955	46	100.0	5.45	Ilm
33.240	2.6931	2.6998	0.160	92	46	9.7	1.07	
35.215	2.5465	2.5528	0.200	34	45	3.5	1.04	Ilm
37.240	2.4125	2.4185	0.280	35	45	3.6	2.53	
38.840	2.3168	2.3225	0.200	44	45	4.6	2.19	
40.295	2.2364	2.2419	0.140	50	45	5.3	1.31	Ilm
47.465	1.9139	1.9187	0.240	23	44	2.4	1.53	
48.775	1.8656	1.8701	0.640	7	44	0.7	0.80	Ilm
50.610	1.8021	1.8066	0.240	10	44	1.1	1.05	
51.955	1.7586	1.7629	0.160	32	44	3.4	1.40	
52.940	1.7282	1.7324	0.060	23	45	2.4	0.76	Ilm
56.245	1.6342	1.6382	0.240	8	38	0.9	1.10	
57.780	1.5944	1.5983	0.160	12	35	1.3	0.76	
60.390	1.5316	1.5353	0.560	2	35	0.2	1.45	

Sample Identification: FERR-3

7-jul-1993 9:59



93141-3.MD

MUESTRA: FERR-4

Corresponde a grosularia.

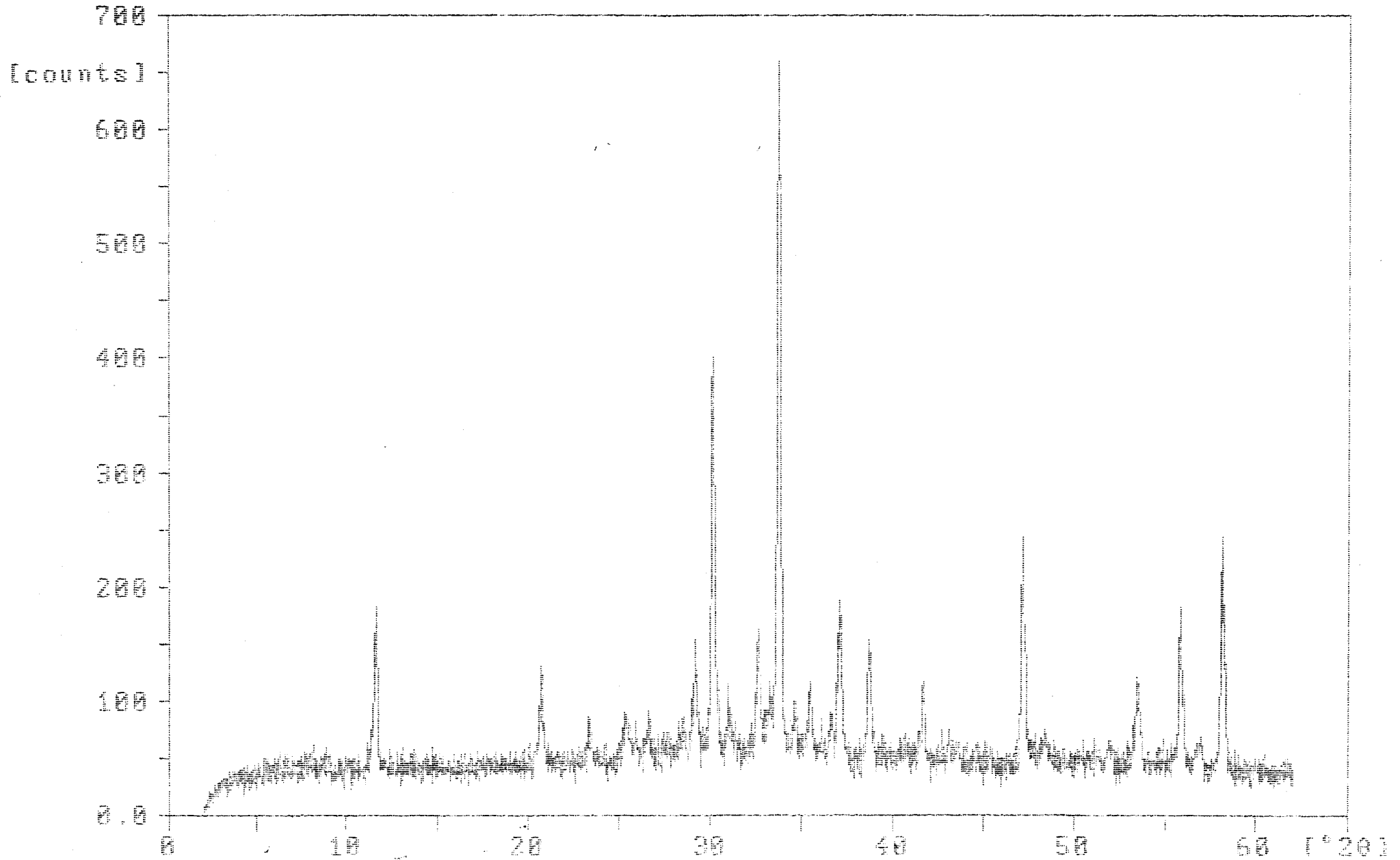
Intensidad máxima ..... 576.0000  
 Número de picos ..... 26

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	I <sub>fon</sub>	I <sub>rel</sub>	Signif [%]	Ident. miner.
2.525	34.9612	35.0472	0.960	64	12	11.1	2.20	
11.695	7.5608	7.5794	0.060	320	40	55.6	1.13	Micas
20.750	4.2773	4.2878	0.200	100	44	17.4	2.08	
23.340	3.8082	3.8176	0.160	46	44	8.0	0.76	
25.440	3.4984	3.5070	0.320	45	44	7.8	1.46	
26.650	3.3422	3.3505	0.160	50	44	8.8	0.98	
28.470	3.1326	3.1403	0.240	37	45	6.5	1.12	
29.135	3.0626	3.0701	0.100	110	45	19.1	1.14	
30.100	2.9666	2.9738	0.120	380	45	66.0	3.53	Grs
31.000	2.8824	2.8895	0.120	55	45	9.5	0.99	
32.645	2.7409	2.7476	0.120	119	45	20.6	1.59	
33.795	2.6502	2.6567	0.160	576	45	100.0	10.23	Grs
34.605	2.5900	2.5963	0.200	46	45	8.0	1.38	
35.445	2.5305	2.5367	0.120	62	45	10.8	1.52	Grs
36.635	2.4510	2.4570	0.160	37	45	6.5	0.92	
37.125	2.4197	2.4257	0.240	117	45	20.3	4.53	Grs
38.675	2.3263	2.3320	0.100	94	45	16.3	1.31	Grs
41.670	2.1657	2.1711	0.160	56	45	9.8	1.62	Grs
43.330	2.0865	2.0917	0.960	7	45	1.3	1.72	
47.220	1.9233	1.9280	0.060	146	42	25.4	3.09	Grs
48.415	1.8786	1.8832	0.240	16	44	2.8	1.25	
52.015	1.7567	1.7610	0.320	10	45	1.7	1.25	
53.480	1.7120	1.7162	0.200	44	42	7.6	2.21	Grs
55.480	1.6451	1.6491	0.100	88	41	15.3	1.68	Grs
56.915	1.6166	1.6205	0.480	13	40	2.2	2.72	
58.130	1.5856	1.5895	0.140	117	40	20.3	3.12	Grs



Sample Identification: OF-GALICIA-FERR-41

7-Jul-1993 9:17



93141-16.RD

MUESTRA: FERR-8

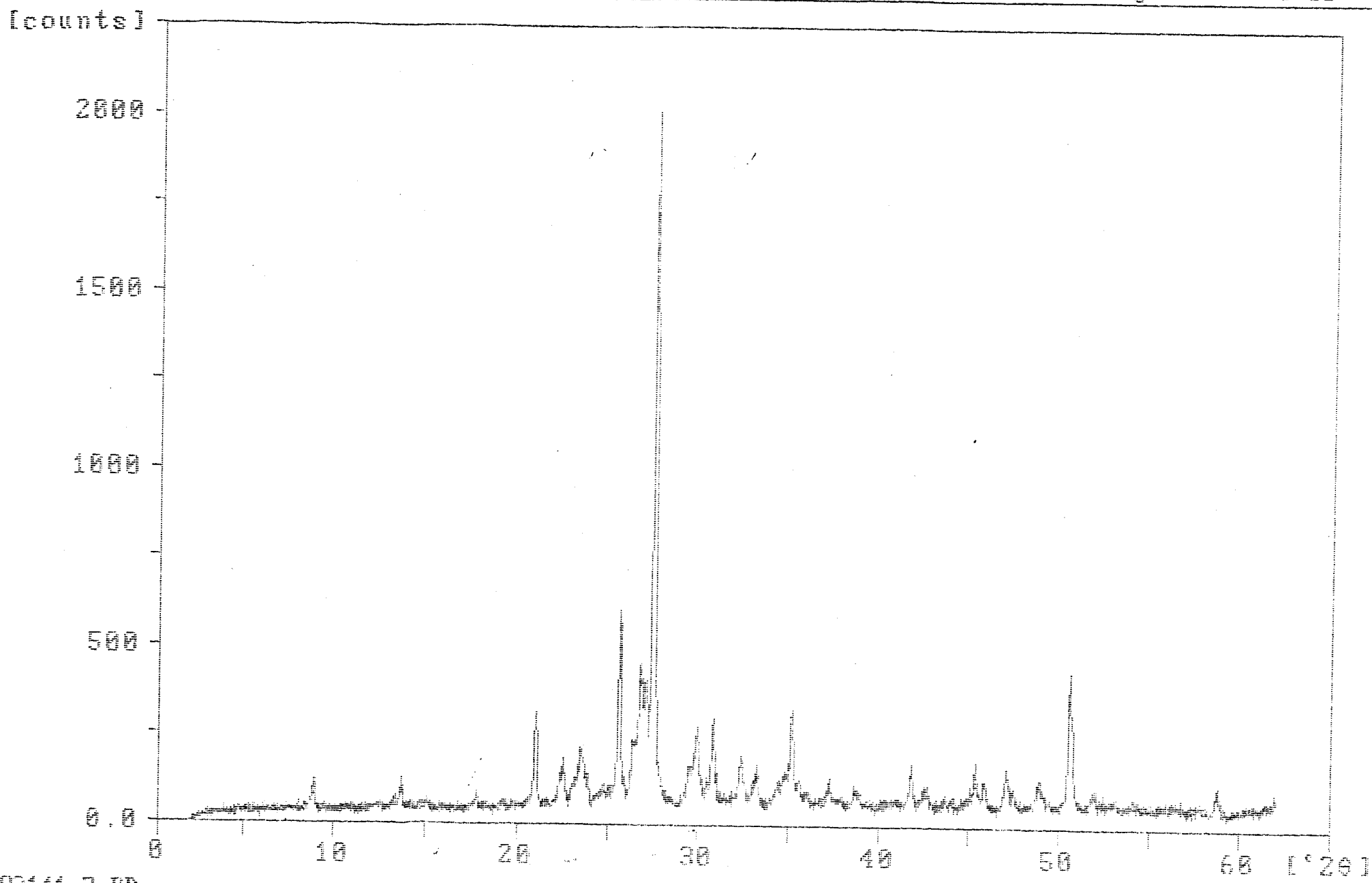
Corresponde a microclina.

Intensidad máxima ..... 1927.210  
 Número de picos ..... 39

Ángulo [°2θ]	d-valor α <sub>1</sub> [Å]	d-valor α <sub>2</sub> [Å]	Apico [°2θ]	Ipico [cuentas]	Ifon	Irel	Signif [%]	Ident. miner.
2.685	32.8782	32.9591	0.800	79	12	4.1	1.43	
8.910	9.9168	9.9412	0.120	259	38	13.5	2.26	Mt
12.380	7.1439	7.1615	0.320	24	40	1.2	1.00	Cl
13.690	6.4631	6.4790	0.160	154	41	8.0	2.07	
14.245	6.2125	6.2278	0.060	41	41	2.1	0.75	
15.150	5.8434	5.8578	0.240	38	42	2.0	1.30	
17.810	4.9762	4.9884	0.060	66	46	3.4	0.77	
21.035	4.2200	4.2304	0.160	335	50	17.4	7.87	FK
22.500	3.9484	3.9581	0.100	164	52	8.5	1.55	FK
23.470	3.7874	3.7967	0.160	177	52	9.2	1.27	FK
24.695	3.6022	3.6111	0.320	48	53	2.5	1.20	
25.675	3.4669	3.4754	0.120	552	53	28.7	6.22	FK
26.405	3.3727	3.3810	0.160	188	53	9.7	1.20	
26.785	3.3257	3.3339	0.080	412	53	21.4	1.03	FK
27.110	3.2866	3.2946	0.080	339	53	17.6	1.86	FK
27.535	3.2368	3.2448	0.160	1927	53	100.0	20.68	FK
30.015	2.9748	2.9821	0.140	161	55	8.4	2.73	FK
30.840	2.8970	2.9042	0.140	196	55	10.2	3.60	
32.365	2.7639	2.7707	0.160	108	56	5.6	1.94	
33.275	2.6904	2.6970	0.120	81	56	4.2	0.81	
35.145	2.5514	2.5577	0.140	213	56	11.1	4.93	
35.600	2.5198	2.5260	0.120	50	58	2.6	0.85	
37.265	2.4110	2.4169	0.160	44	58	2.3	0.95	
38.635	2.3286	2.3343	0.120	31	58	1.6	0.75	
41.795	2.1595	2.1648	0.120	64	64	3.3	1.00	
42.595	2.1208	2.1260	0.320	23	64	1.2	1.93	
43.665	2.0713	2.0764	0.160	8	62	0.4	0.89	
45.400	1.9961	2.0010	0.080	79	59	4.1	0.98	
45.890	1.9759	1.9808	0.160	37	58	1.9	1.24	
47.110	1.9275	1.9323	0.200	58	58	3.0	2.29	
47.550	1.9107	1.9154	0.160	25	56	1.3	0.80	
48.910	1.8607	1.8653	0.200	40	56	2.1	1.46	
50.600	1.8025	1.8069	0.120	193	55	10.0	4.35	FK
50.795	1.7960	1.8004	0.060	125	53	6.5	0.98	FK
52.045	1.7558	1.7601	0.240	21	53	1.1	1.76	
53.155	1.7217	1.7259	0.400	13	52	0.7	0.95	
54.175	1.6917	1.6958	0.320	11	52	0.6	0.87	
56.520	1.6269	1.6309	0.960	7	49	0.4	1.34	
58.705	1.5715	1.5753	0.200	29	46	1.5	1.93	

Sample identification: FERR-8

7-Jul-1993 9:55



93141-7.FID