

Nº de inventario V 012

Nº de informe 342 / S

Fecha 2007

Título: Laocoonte Real Fabrica de Porcelana del Buen Retiro

Anexo 1:

Informe sobre el estudio piloto sobre muestras de yeso, procedentes de la  
Colección de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando  
Christian Dietz y Gian Luca Catanzaritti

UCM

1





Universidad Complutense de Madrid  
Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

Ciudad Universitaria

28040 Madrid

Tfno.: 91.394.41.46

Fax.: 91.394.43.29

E-mail: cdietz@quim.ucm.es

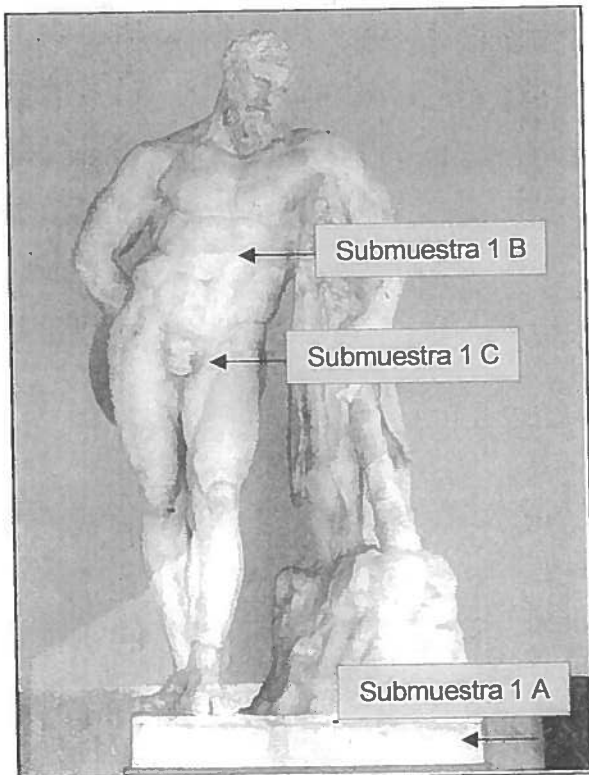
653 808 188

## Informe sobre el estudio piloto sobre muestras de yeso, procedentes de la colección del Real Colegio de Bellas Artes, Madrid

Antecedentes: En una reunión del día 23.10.2008, en la Facultad de Geografía e Historia, en presencia del director del C.A.I. AAA, Alfredo Jimeno Martínez, el técnico del mismo, Christian Dietz y el Prof. Luzón, se acordó de proceder a un estudio piloto para evaluar la posibilidad de elaborar una base de datos de referencia que caracteriza los materiales empleados en los diferentes vaciados de la colección de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Los datos que comprenden esta base de datos (morfológicas, cristalográficas, químicas) deberán servir para ayudar a determinar el origen, la edad y zonas de restauración posteriores de obras de yesería en general y de estatuas en particular.

### Descripción de las muestras

El día 27.10.2008 dos técnicos del C.A.I. (C. Dietz y G. Catanzariti) efectúan, en presencia de la restauradora del Centro, Silvia Viana, la toma de muestra sobre cuatro vaciados de diferentes colecciones, cuya descripción se detalla en lo siguiente:



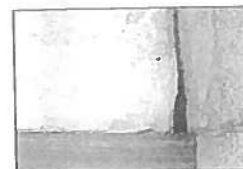
#### Descripción: *Hércules Farnese*

Colección Velásquez

Copia en yeso, adquirido por D. Velásquez durante su segundo viaje a Italia (1649-1651).

Muestra 1 A:

Yeso Peana, Zona trasera, rotulo inferior, probablemente solo relleno.



Muestra 1 B:

Unión cintura, yeso original.



Muestra 1 C:

Testículos, con primeras capas de pintura, aprox. siglo XVIII.



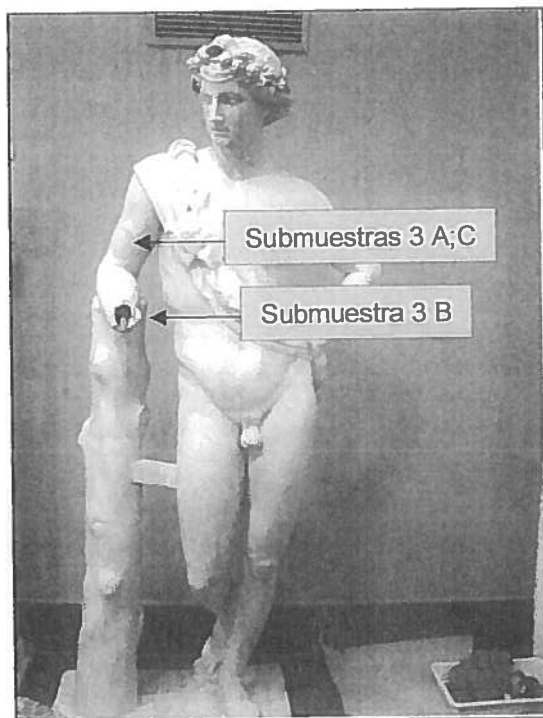
Formador: Cesare Sebastini, altura 3.18 m, original conservado e e Museo Arqueológico de Nápoles, inv. Nº 6001.



Universidad Complutense de Madrid  
Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

Ciudad Universitaria  
28040 Madrid  
Tfno.: 91.394.41.46  
Fax.: 91.394.43.29  
E-mail: cdietz@quim.ucm.es



**Descripción: Baco Médico**  
Nº Restauración 359/08/S

Muestra 3A:

Capa superficial,  
rotura brazo



Muestra 3B:

Brazo derecho



Muestra 3C:  
Capa inferior, rotura  
brazo

Tabla 1: Características de las muestras tomadas

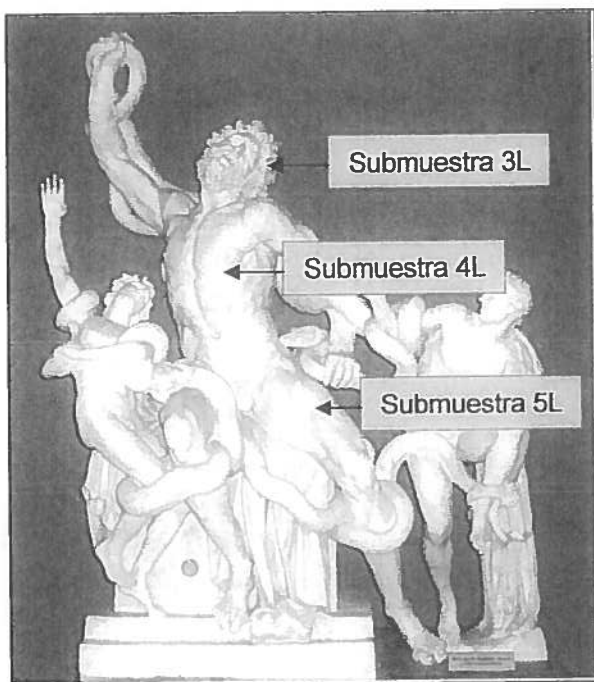
Código	Descripción	Peso [g]
HF 1a	Tres piezas de yeso de tamaño grande (ca 1 cm <sup>3</sup> )	0.3672/0.5157/0.5113
HF 1b	Una pieza plana 2.5 × 1.3 cm	0.6315
HF 1c	Seis micromuestras, ca 2 mm	0.0242
BM 3a	Una pieza pequeña ca 4×2 mm, plana	0.0398
BM 3b	Una pieza plana ca 4×3 mm	0.0257
BM 3c	Una pieza grande, ca 15×8mm	0.3574
L3I	Varias micromuestras debajo de 1 mm <sup>2</sup>	0.0062
L4I	Una pieza pequeña ca 4×3 mm	0.0311
L5I	Una pieza pequeña 2×2 mm	0.0088
SN 4a	Dos micromuestras inferior a 1 mm <sup>2</sup> , polvo	0.0085
SN 4b	5 piezas pequeñas de 1 a 3 mm <sup>2</sup>	0.0104



Universidad Complutense de Madrid  
Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

Ciudad Universitaria  
28040 Madrid  
Tfno.: 91.394.41.46  
Fax.: 91.394.43.29  
E-mail: cdietz@quim.ucm.es



Copia del original conservado en el patio octagonal de los Museos Vaticanos, inv. N° 1039, altura 1.84 m, fecha fabricación ca. 1811.

**Descripción: Laocönte**

Real Fábrica de Cerámica del Buen Retiro

Muestra 3L:

Pelo figura central  
(padre)



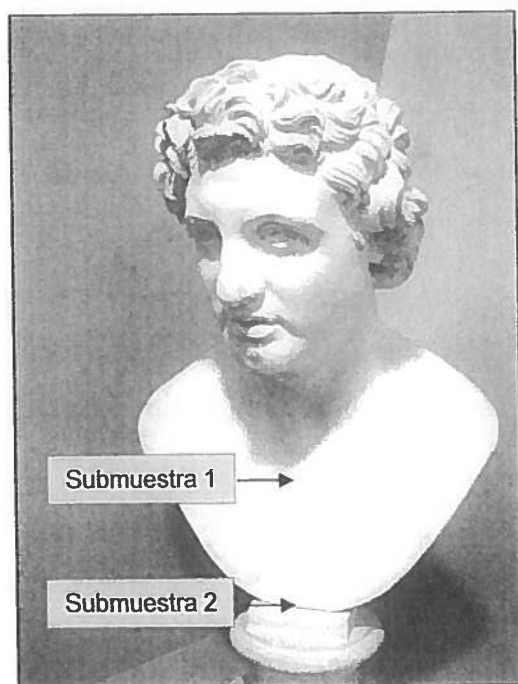
Muestra 4L:

Torso pectoral



Muestra 5L:

Muslo izquierdo



**Descripción: Seleuco I Nicator**

Colección Herculaneo

Muestra 4A:

Reverso borde



Muestra 4B:

Unión busto zócalo  
(revés)



Universidad Complutense de Madrid  
Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

Ciudad Universitaria  
28040 Madrid  
Tfno.: 91.394.41.46  
Fax.: 91.394.43.29  
E-mail: cdietz@quim.ucm.es

#### Antecedentes

Las obras estudiadas cuentan con informe de análisis previo, donde se estimaban las siguientes características:

- análisis de la capa de preparación (yeso y aglutinante)
- pigmentos y aglutinantes en las diferentes capas pictóricas
- recubrimiento presente

Las técnicas empleadas a este fin fueron microscopía óptica, FTIR, SEM/EDX y GC.

#### Este estudio

El objetivo es el de elaborar una base de datos de referencia que caracteriza los materiales empleados en el vaciado de la colección de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Los datos que comprenden esta base de datos (morfológicas, cristalográficas, químicas) deberán servir para ayudar a determinar el origen, la edad y zonas de restauración posteriores de obras de yesería en general y de estatuas en particular.

### Descripción servicios

#### **Preparación de las muestras**

Se necesitan, según la técnica de análisis empleado, tres submuestras con tratamiento diferentes:

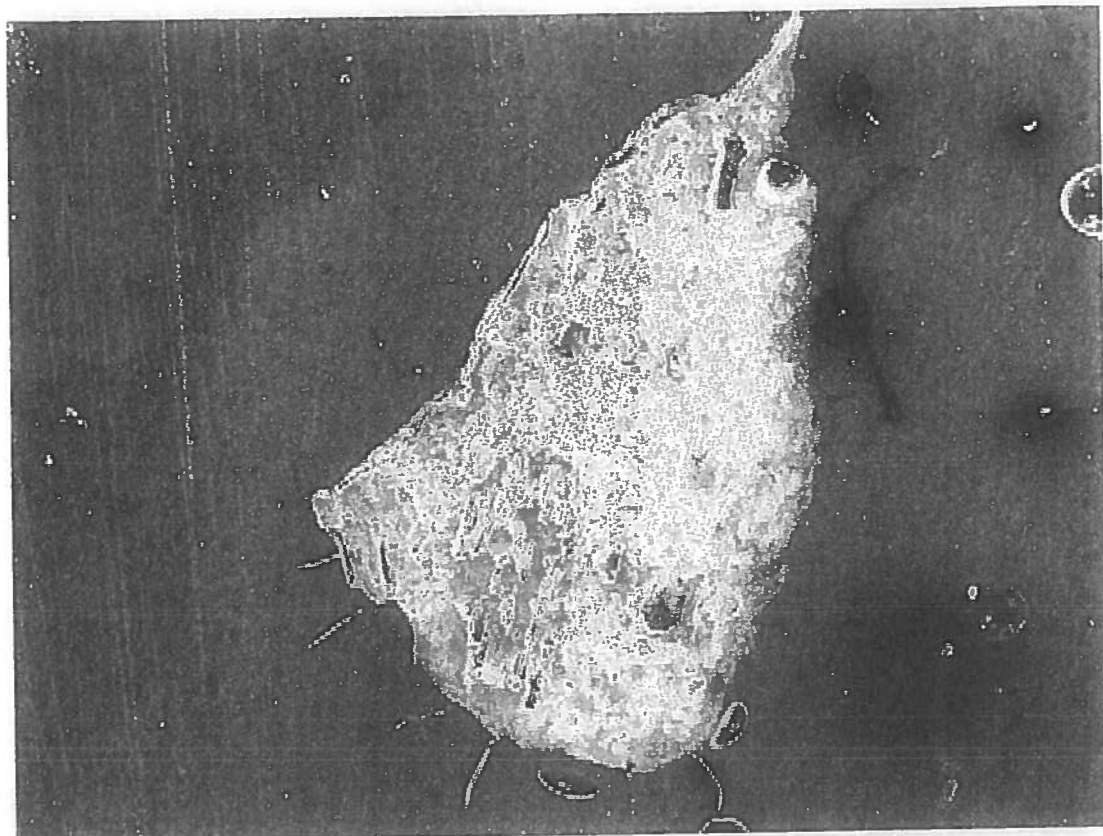
- a.) Lupa-Microscopía óptica / SEM-EDX: Se han preparado muestras embutidas en resina, que permiten observar todas las capas presentes. Se aplica un proceso de pulido con diferentes tamaños de grano (180, 400, 600, 1200, pasta de diamante. Para observaciones en el microscopio electrónico, la superficie fue metalizada con oro.
- b.) ICP-MS: Alrededor de 200 mg de muestra fueron tamizadas en un mortero de agata. La muestra fue secada en horno a 45 °C durante 12h, después el polvo fue disuelto en 3.076 ml HNO<sub>3</sub> 32.5 % y 100 µL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y tratado 5 min en baño de ultrasonidos. Posteriormente la solución fue filtrada por filtros de cartucho de 0.22µm y diluido a 50 mL con agua destilada.

#### **A. SEM/EDX**

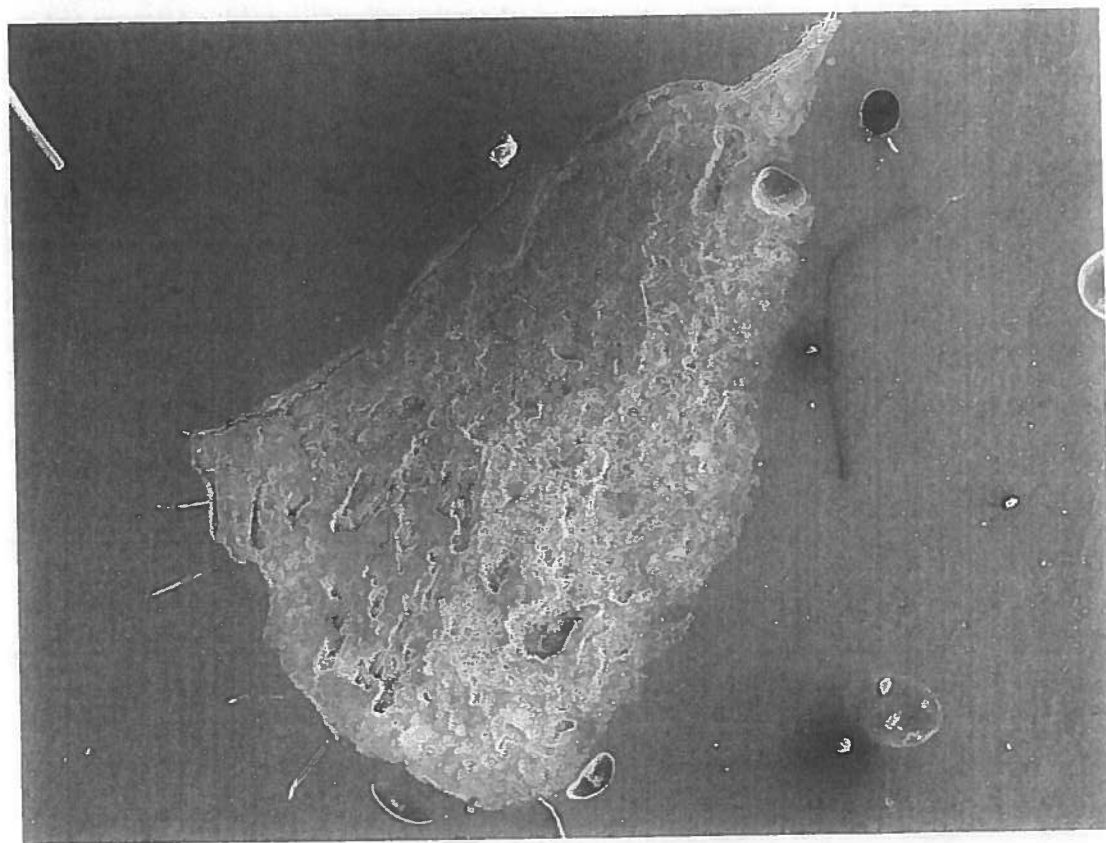
El microscopio electrónico utiliza electrones para iluminar un objeto. Dado que los electrones tienen una longitud de onda mucho menor que la de la luz (0.5 ángstroms) pueden mostrar estructuras mucho más pequeñas. Si el microscopio dispone de varios sistemas de detección es posible diferenciar entre energías electrónicas, principalmente entre la señal producida por los electrones secundarios (imagen tridimensional) y la generada por los electrones retro-dispersados (revela diferencias en la composición química por diferencias de contraste).

Se han efectuado un total de 46 tomas de imagen por SEM, de las cuales 14 corresponden a la figura del Baco Médico (3 submuestras investigadas), 10 a la de Hércules Farnese (3 submuestras investigadas), 14 a la de Seleuco Nicanor (2 submuestras investigadas) y 8 a la de Laoconte (2 submuestras investigadas).

Las imágenes se encuentran en el anexo 1 del presente informe.

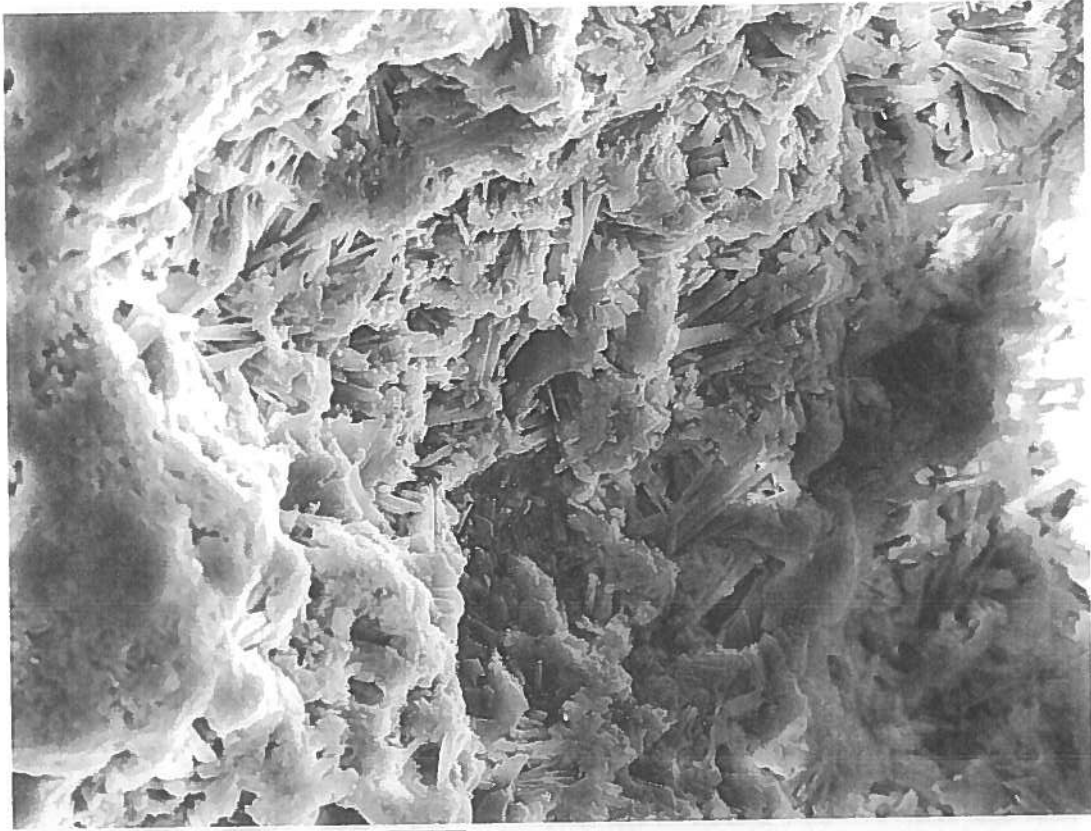


**Fig.1:** Bacco Médici - Capa superficial rotura brazo a 40 aumentos.



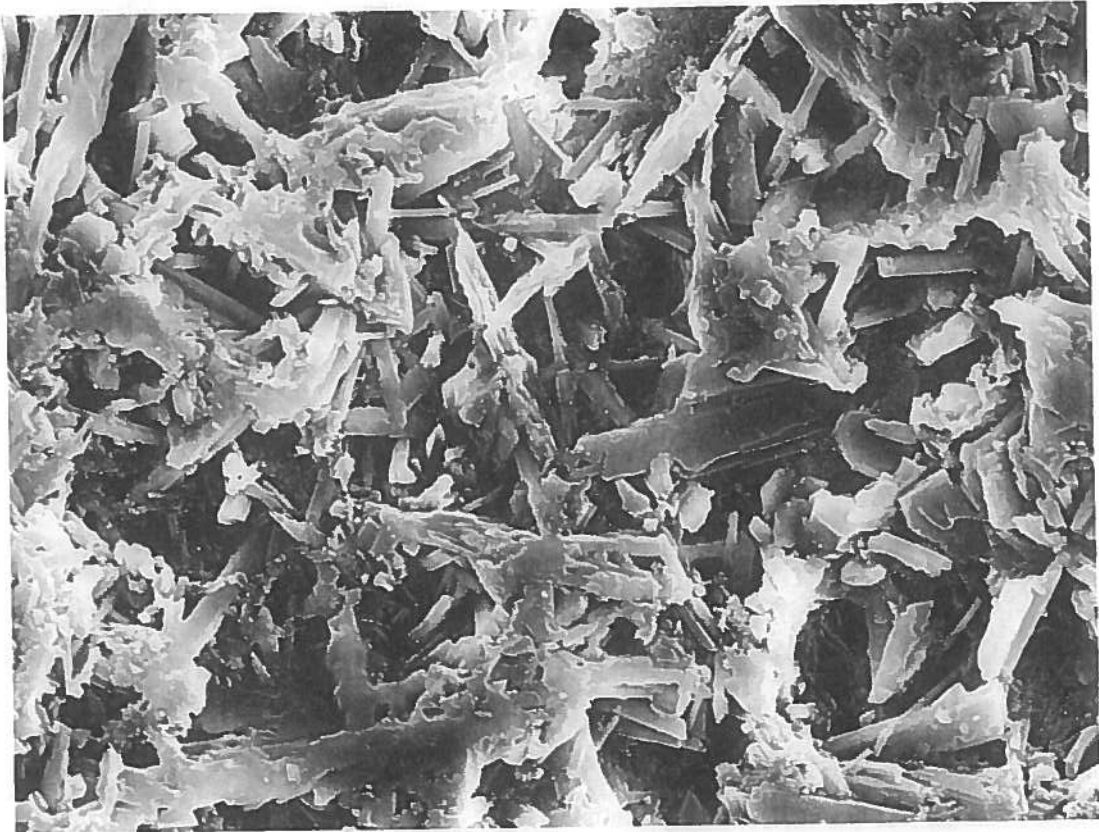
**Fig.2:** Bacco Médici - Capa superficial rotura brazo a 45 aumentos.





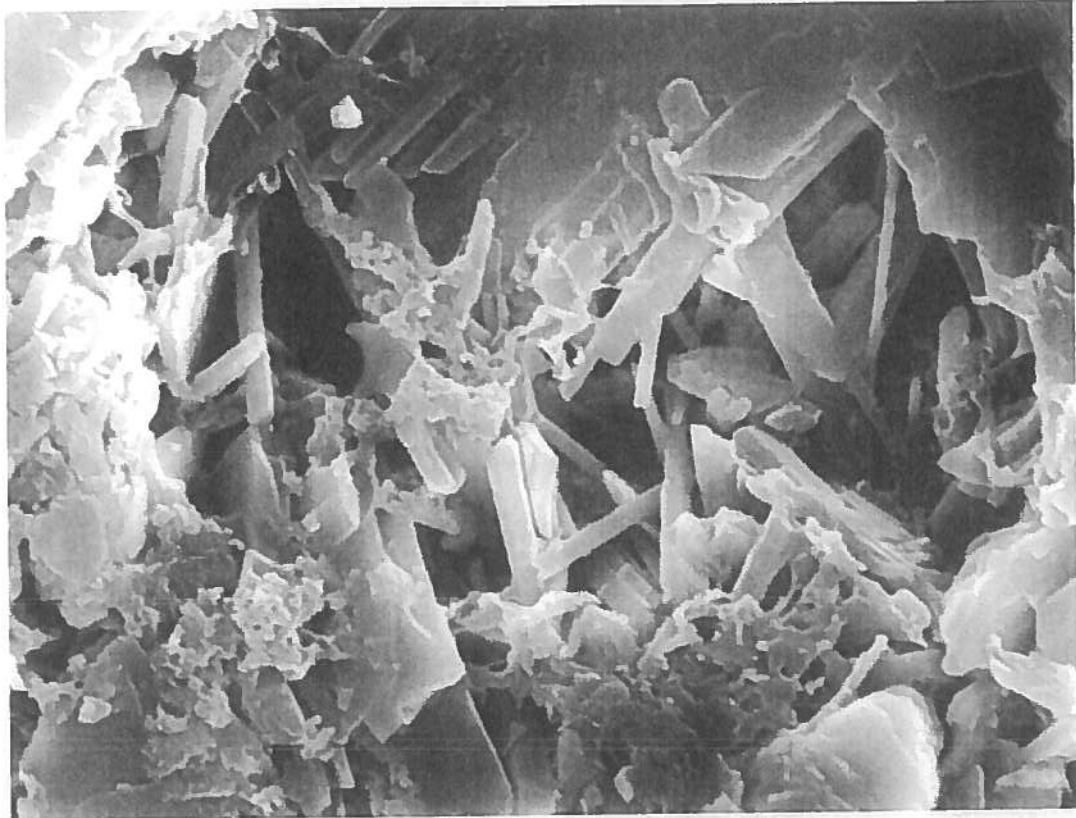
20µm

**Fig 3:** Bacco Médici - Capa superficial rotura brazo a 1000 aumentos.

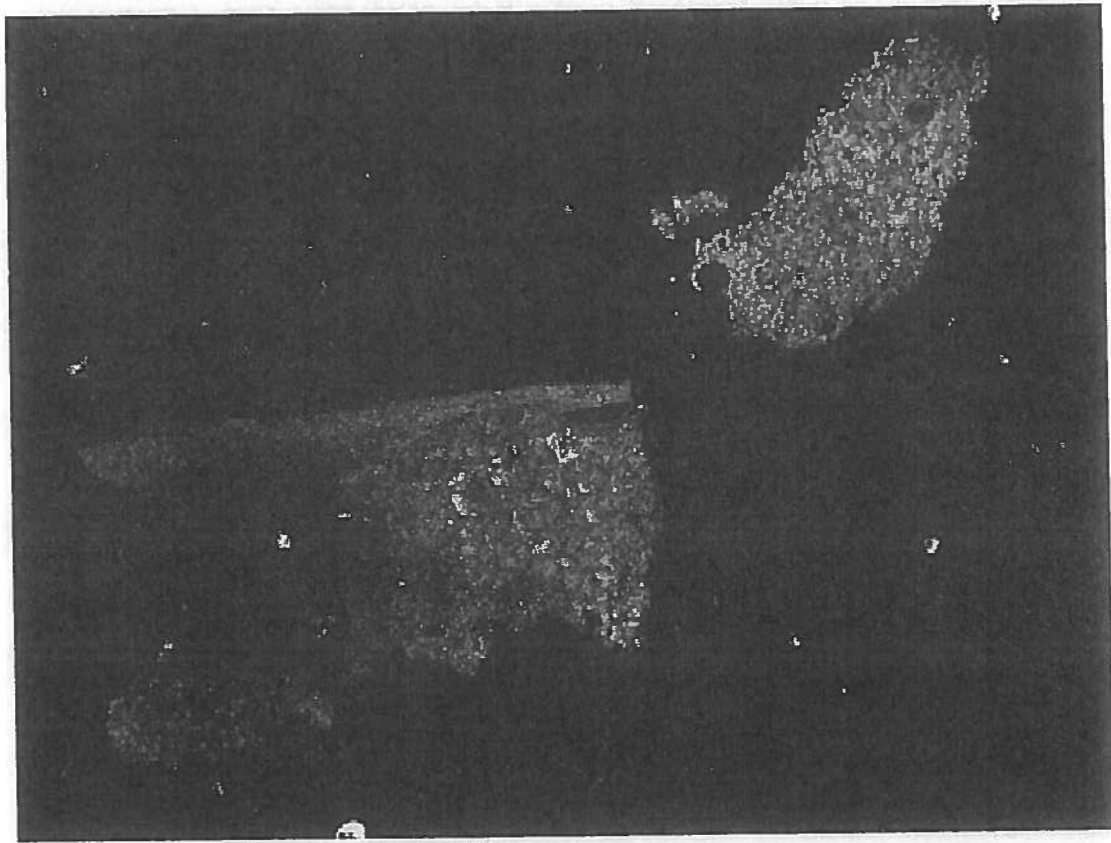


20µm

**Fig 4:** Bacco Médici - Capa superficial rotura brazo a 2000 aumentos.

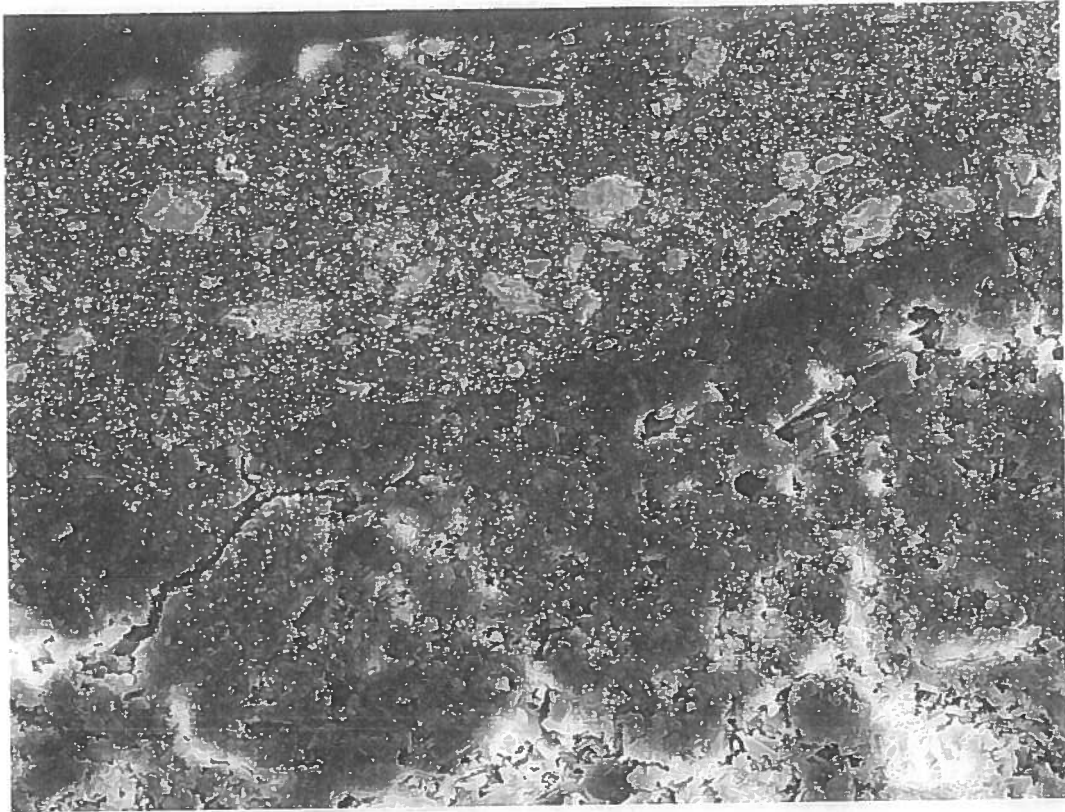


**Fig 5:** Bacco Médici - Capa superficial rotura brazo a 4000 aumentos.



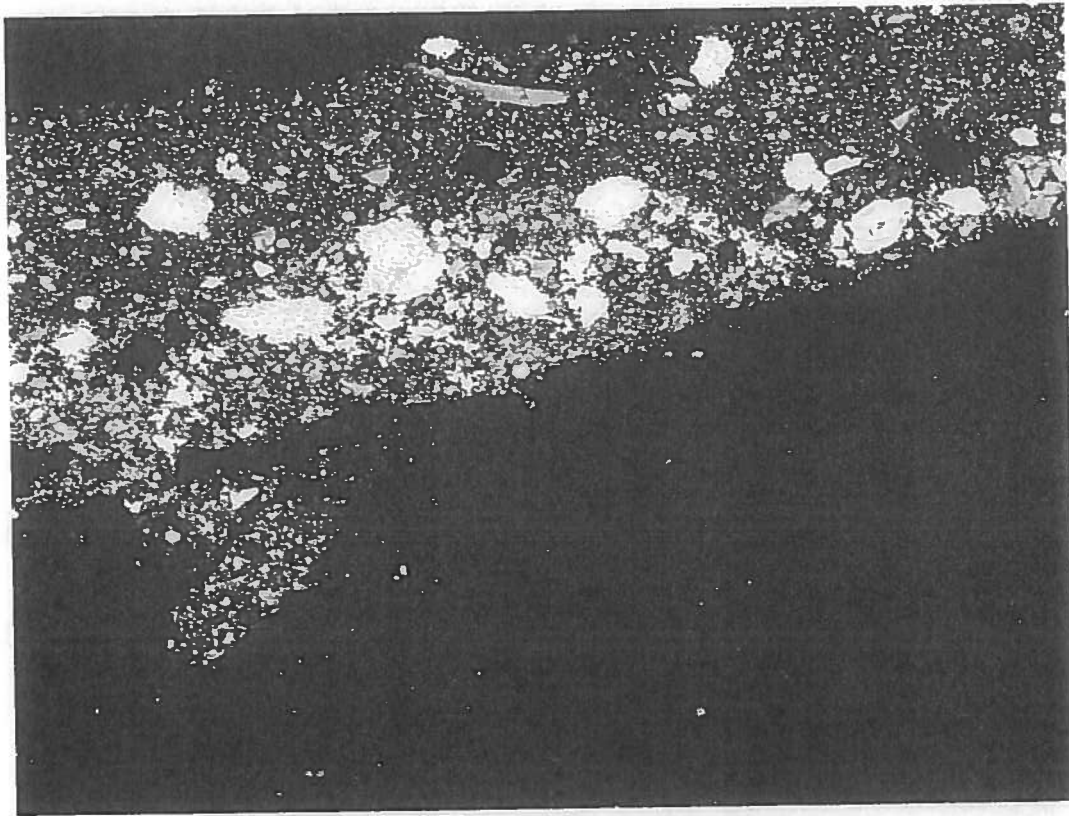
**Fig 6:** Bacco Médici - Brazo derecho a 37 aumentos





20µm

**Fig 7:** Bacco Mé dici - Brazo derecho a 500 aumentos



20µm

**Fig 8:** Bacco Mé dici - Brazo derecho a 500 aumentos (retrodispersado)



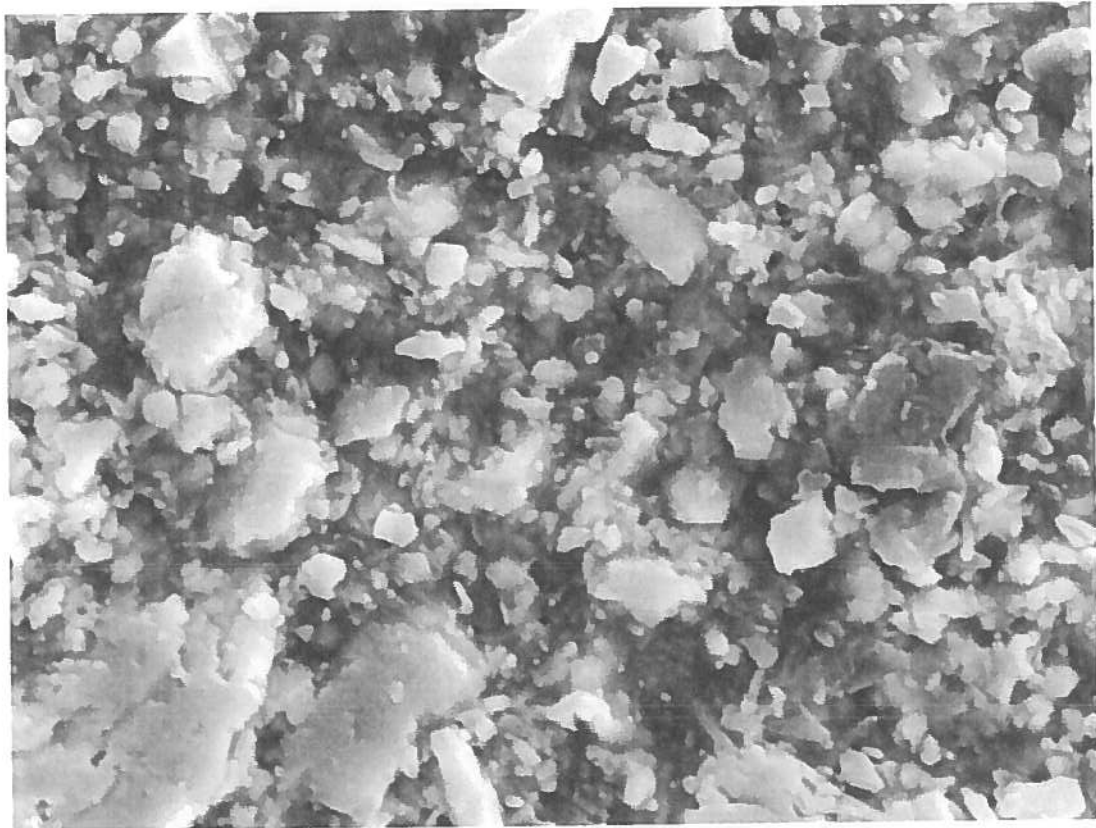
20µm

**Fig 9:** Bacco Médici - Brazo derecho a 2000 aumentos (yeso)



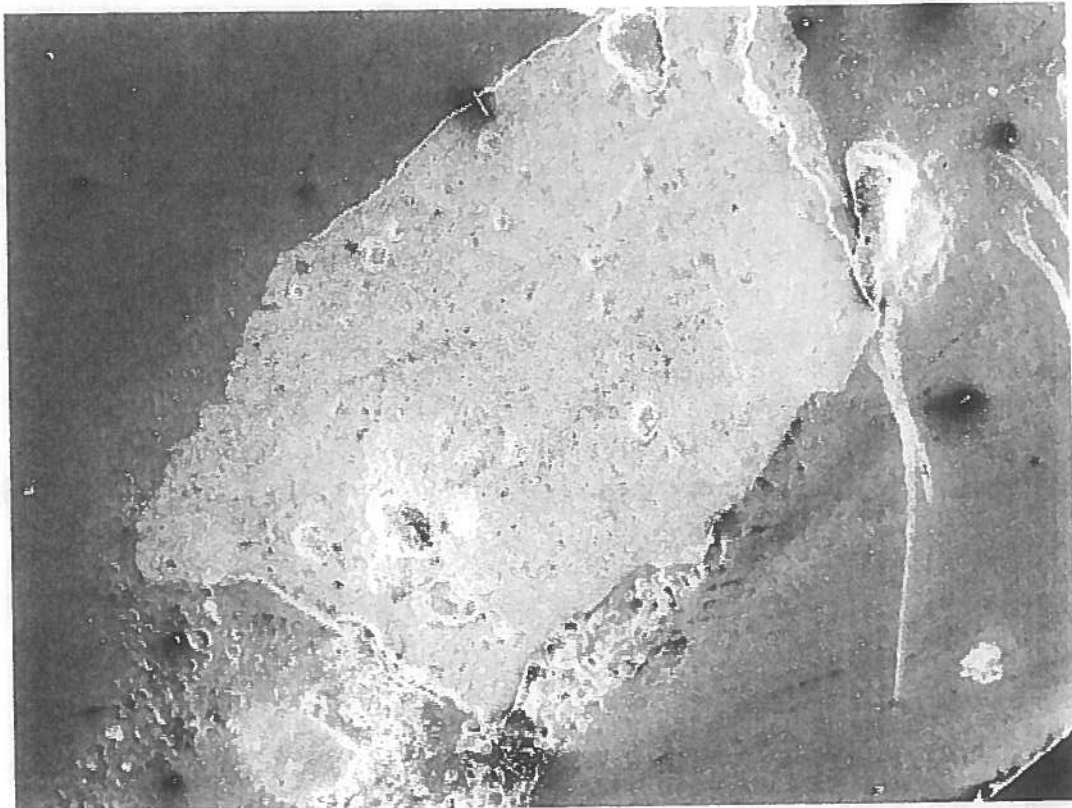
20µm

**Fig 10:** Bacco Médici - Brazo derecho a 2000 aumentos (yeso, b)



20 $\mu$ m

**Fig 11:** Bacco Médici - Brazo derecho a 5000 aumentos (capa)



1mm

**Fig 12** Bacco Médici – capa inferior a 30 aumentos





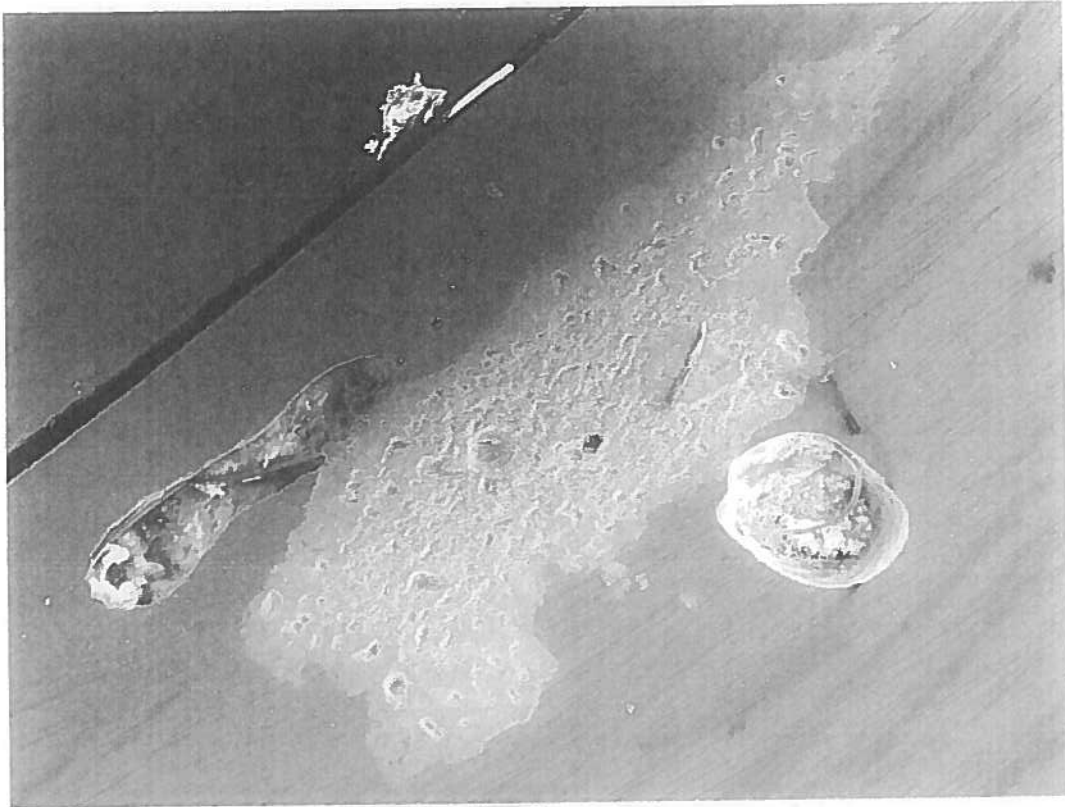
1mm

**Fig 13:** Bacco Médico – capa inferior a 1000 aumentos



10µm

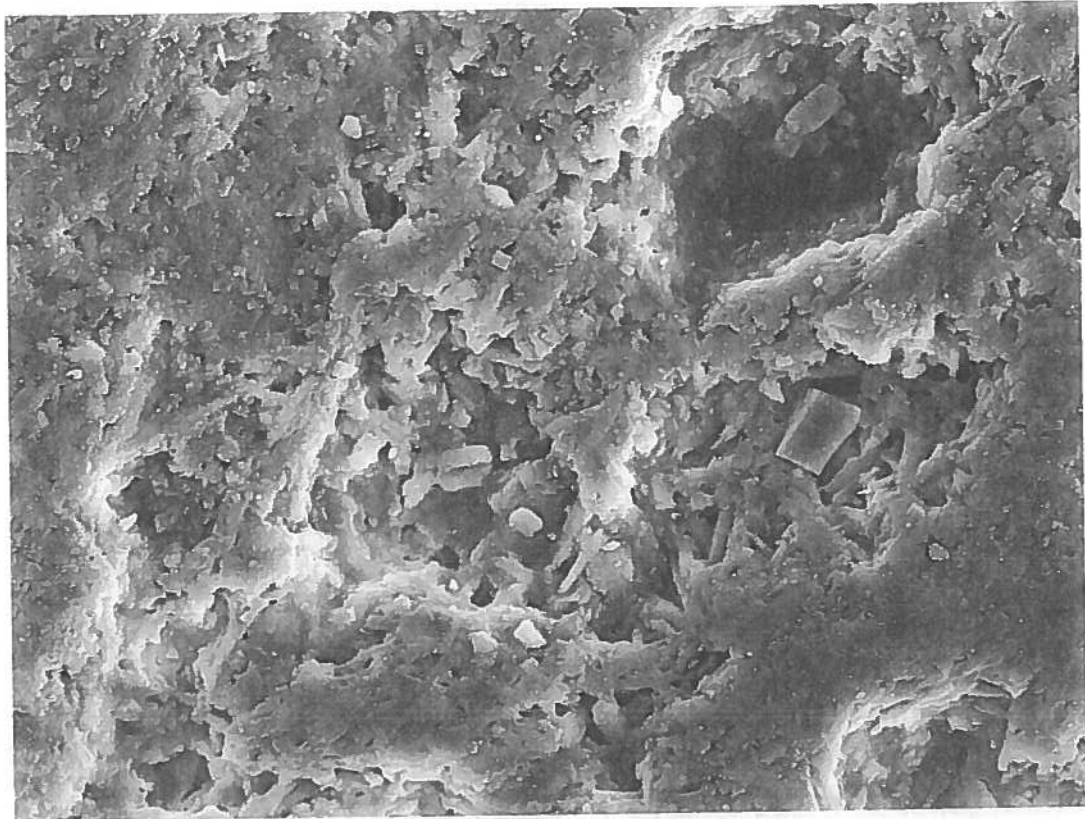
**Fig 14** Bacco Médico – capa inferior a 3000 aumentos



**Fig 15:** Hercules Farnese, unión cintura a 30 aumentos



**Fig 16:** Hercules Farnese, unión cintura a 200 aumentos



60µm

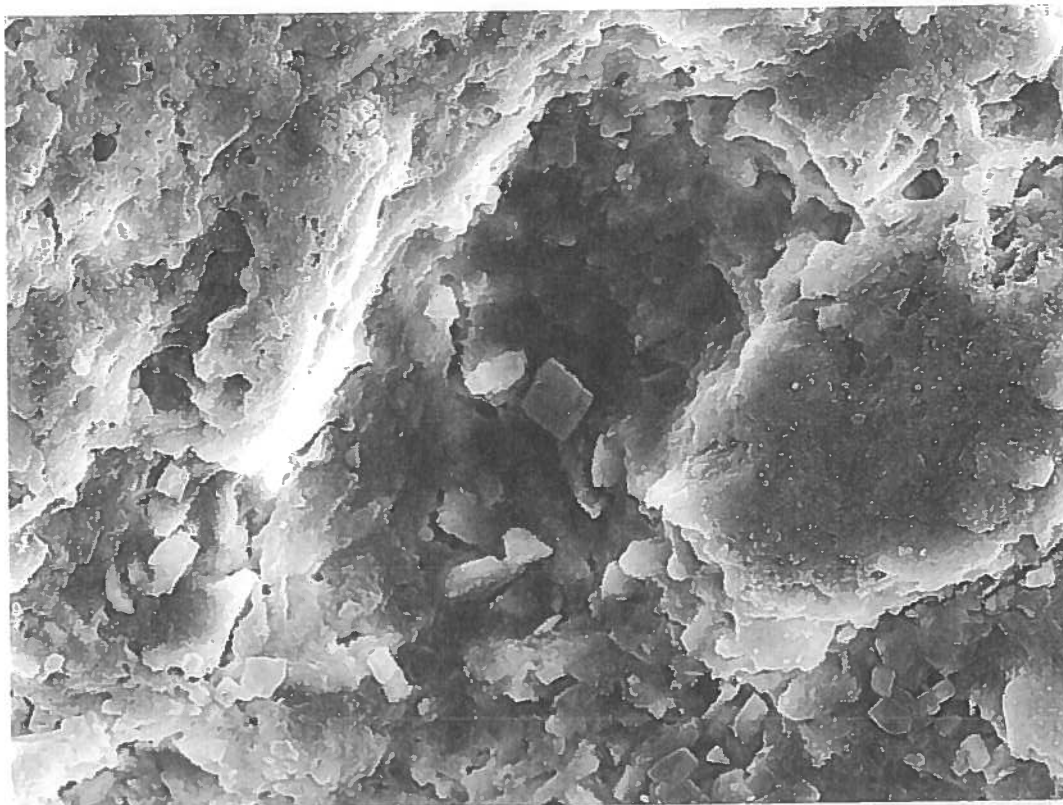
**Fig 17:** Hercules Farnese, unión cintura a 1000 aumentos EDX-1



60µm

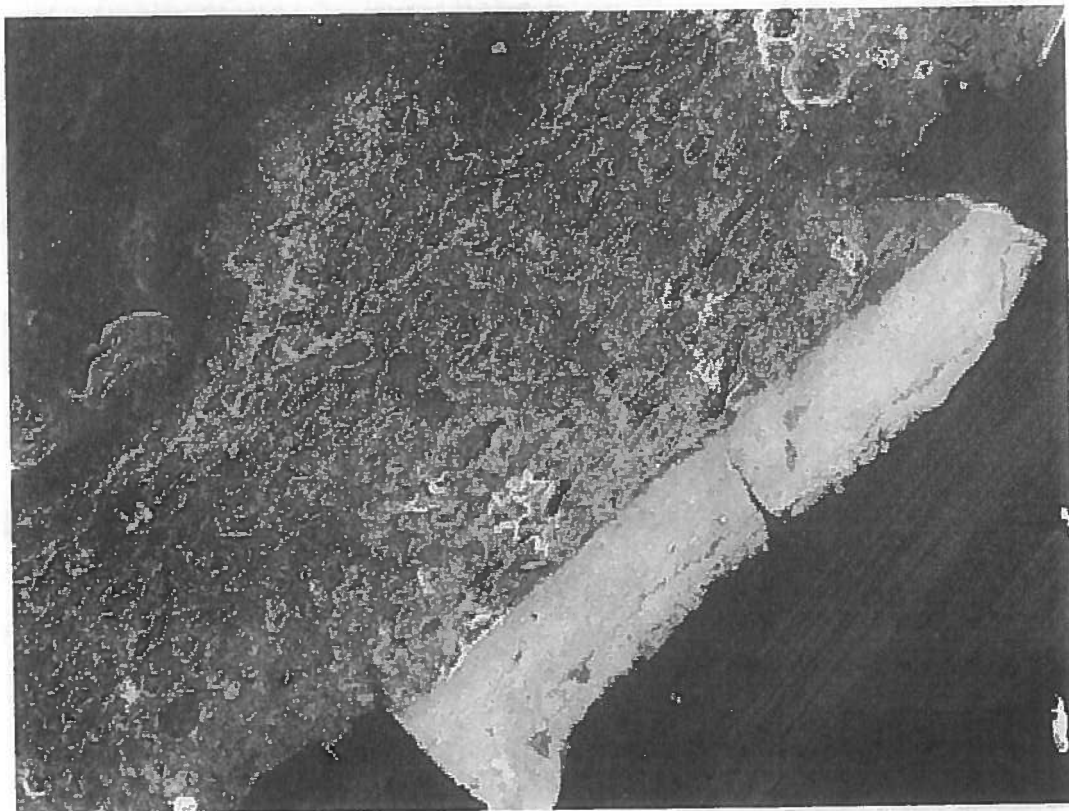
**Fig 18:** Hercules Farnese, unión cintura a 1000 aumentos (retrodispersado)





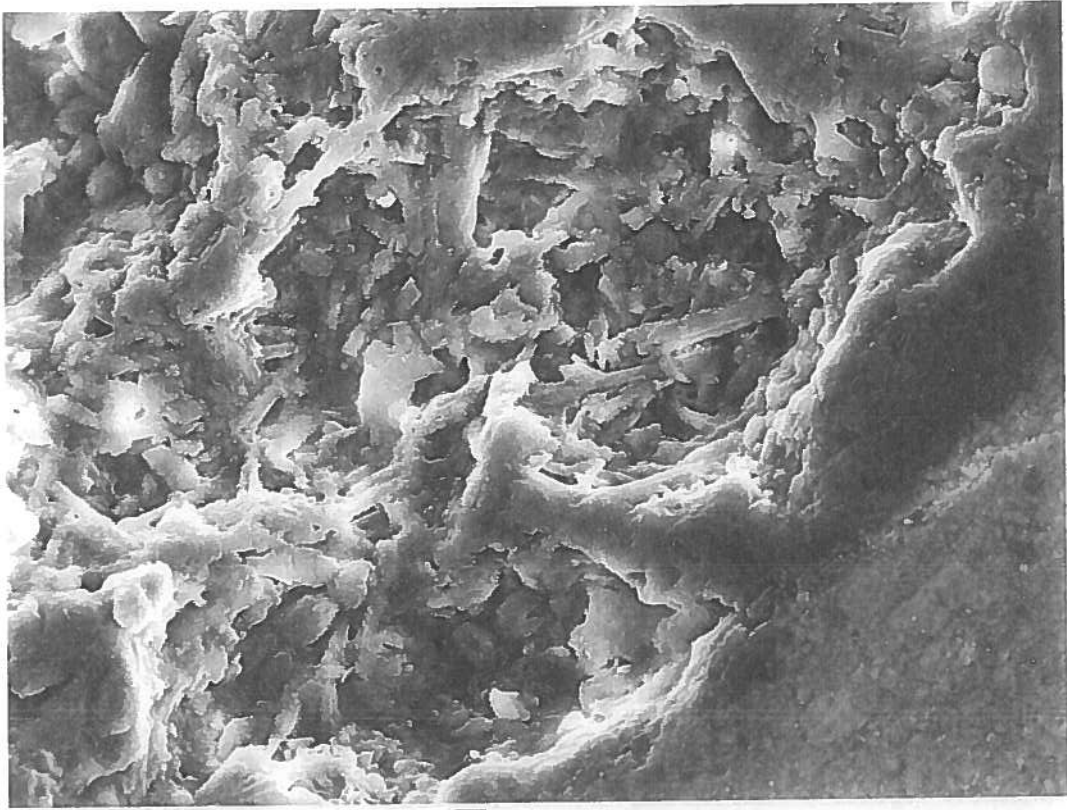
6 $\mu$ m

**Fig 19:** Hercules Farnese, unión cintura a 2000 aumentos

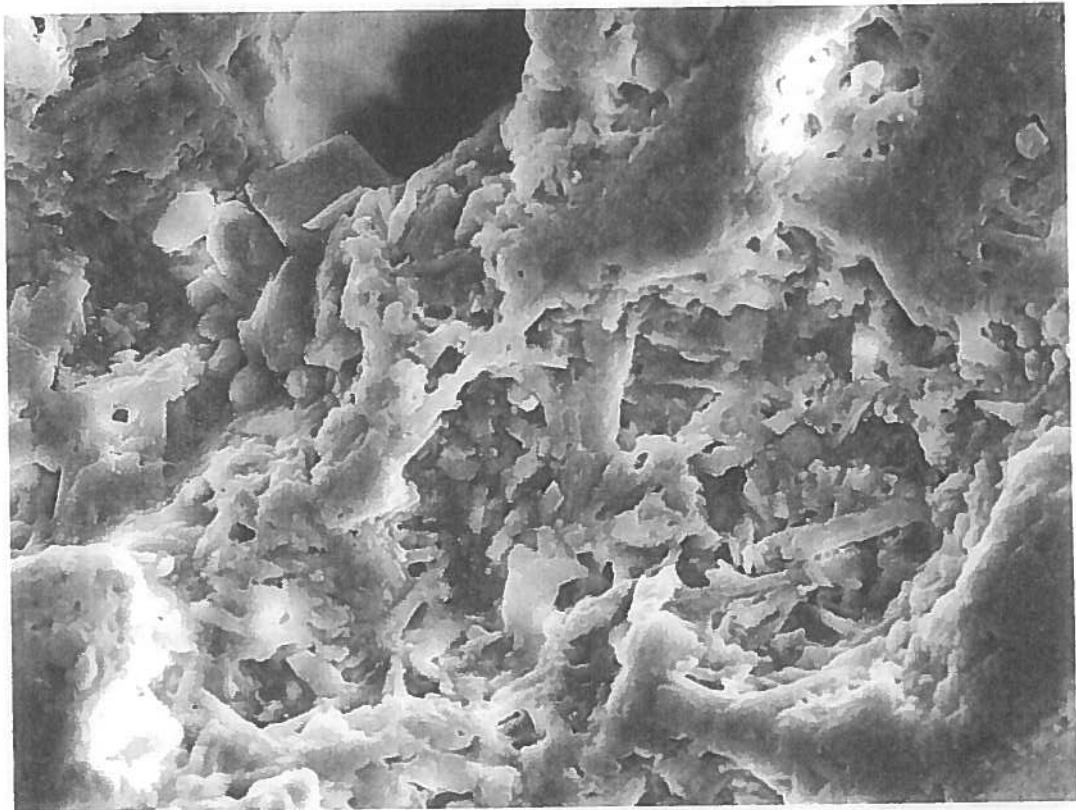


6 $\mu$ m

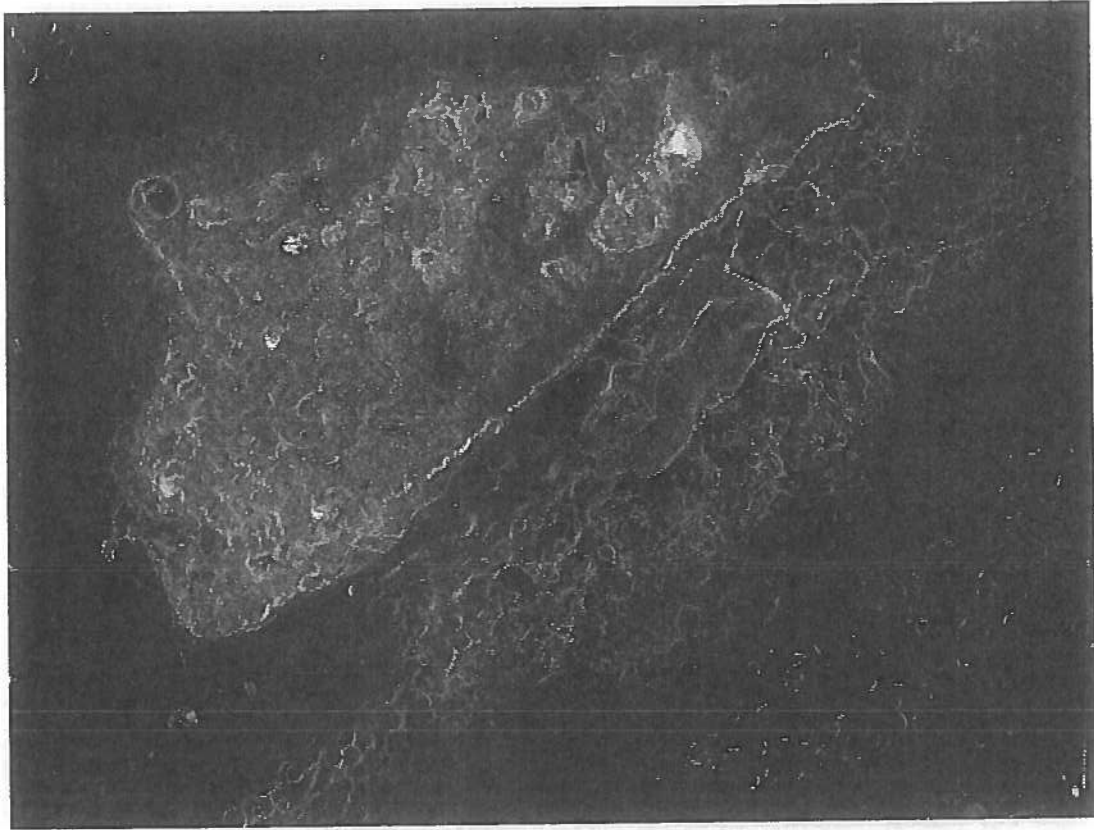
**Fig 20:** Hercules Farnese, testículos (con pintura) brazo a 50 aumentos



**Fig 21:** Hercules Farnese, testículos (con pintura) a 1000 aumentos

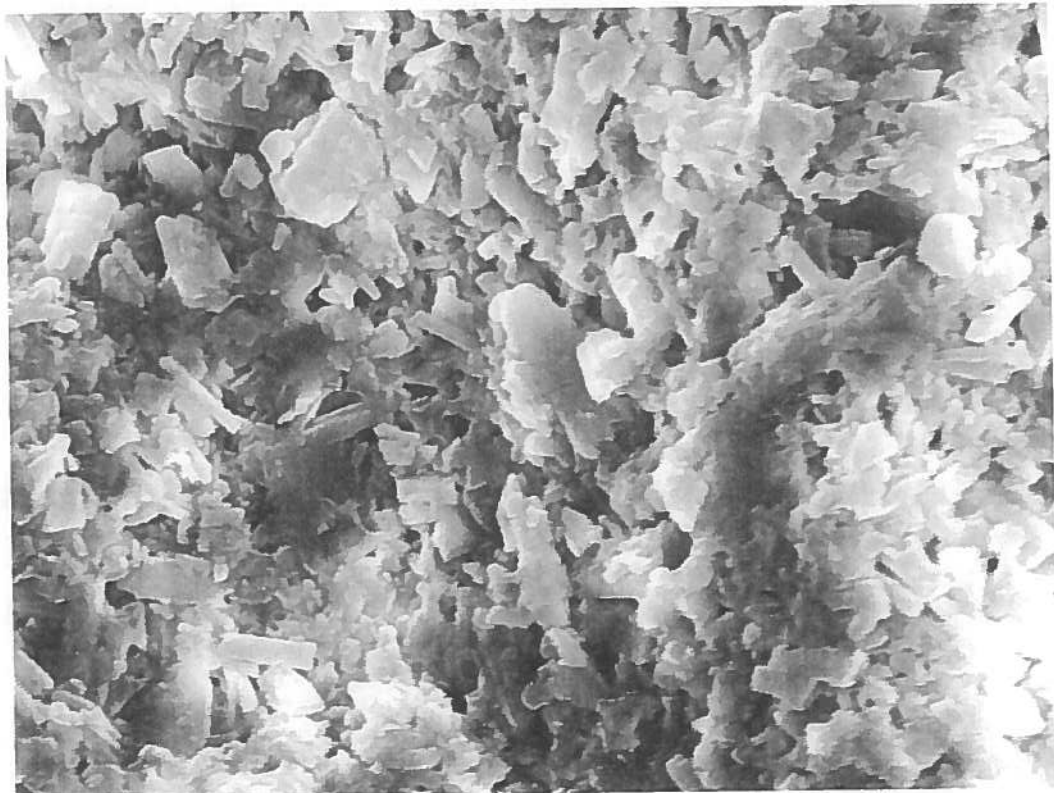


**Fig 22:** Hercules Farnese, testículos (con pintura) a 1000 aumentos (2)



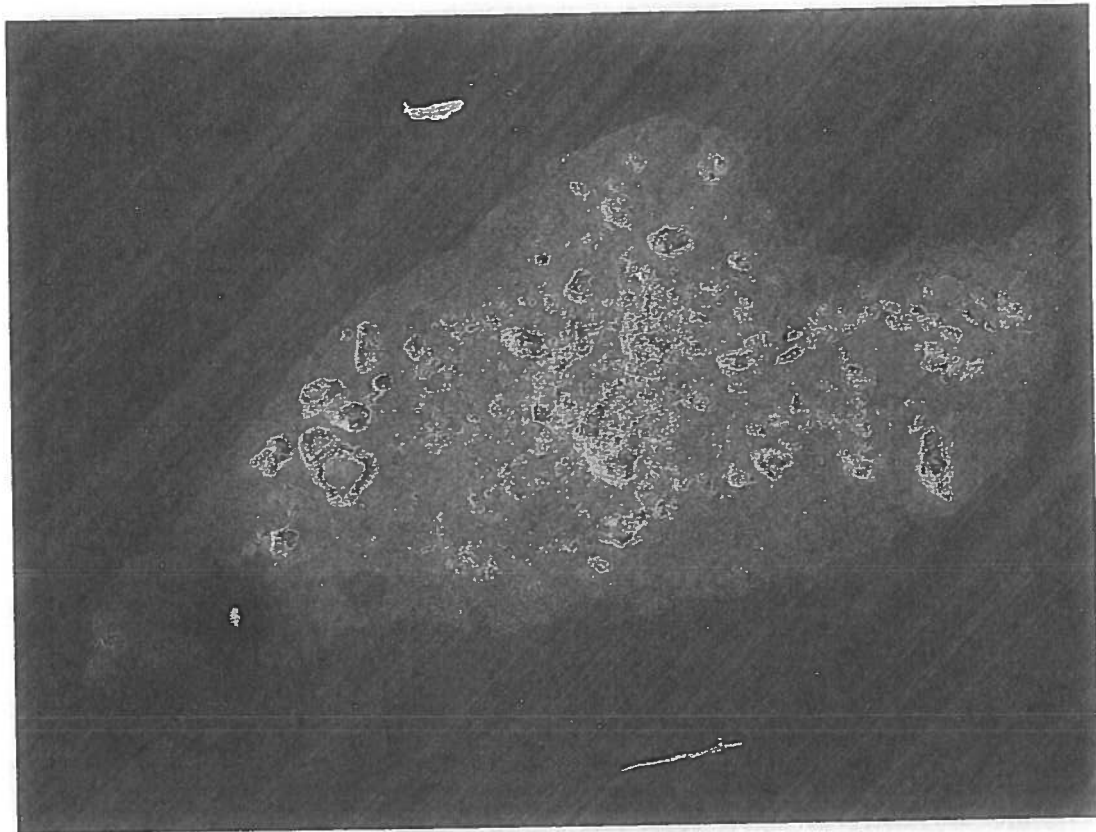
2mm

**Fig 23:** Hercules Farnese, Peana, zoma trasera, rótula inferior a 30 aumentos



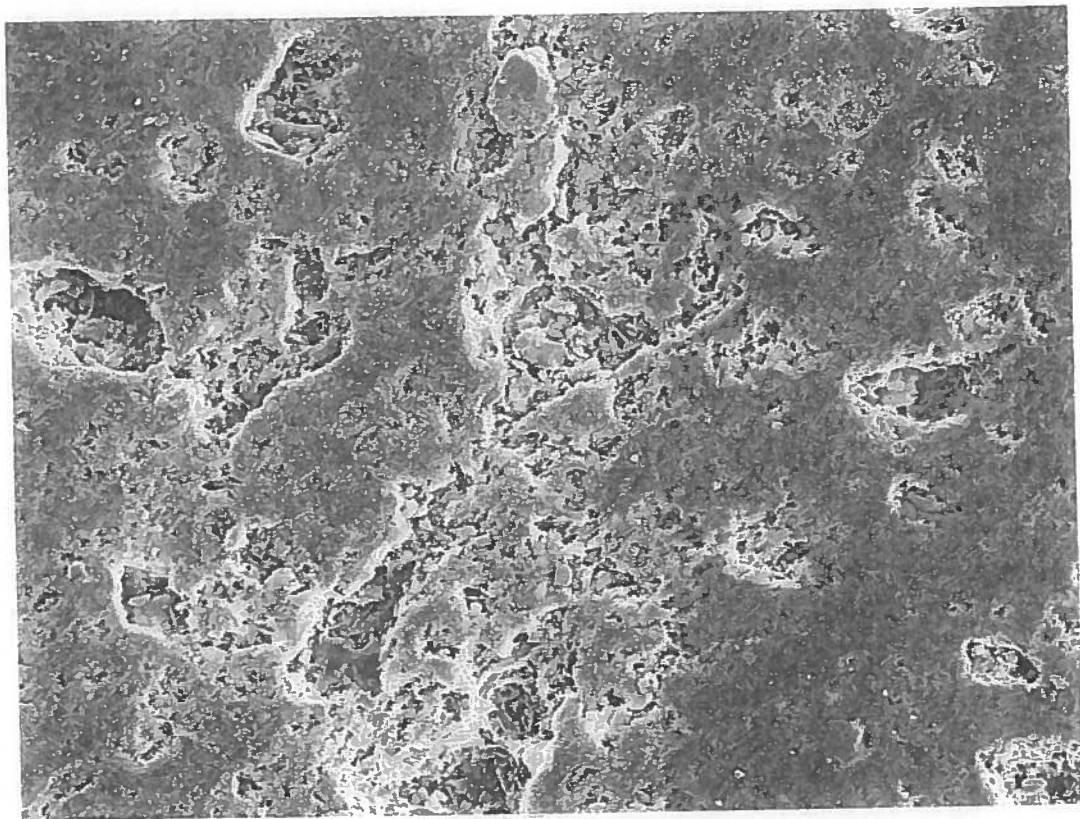
10µm

**Fig 24:** Hercules Farnese, Peana, zoma trasera, rótula inferior a 3000 aumentos



1mm

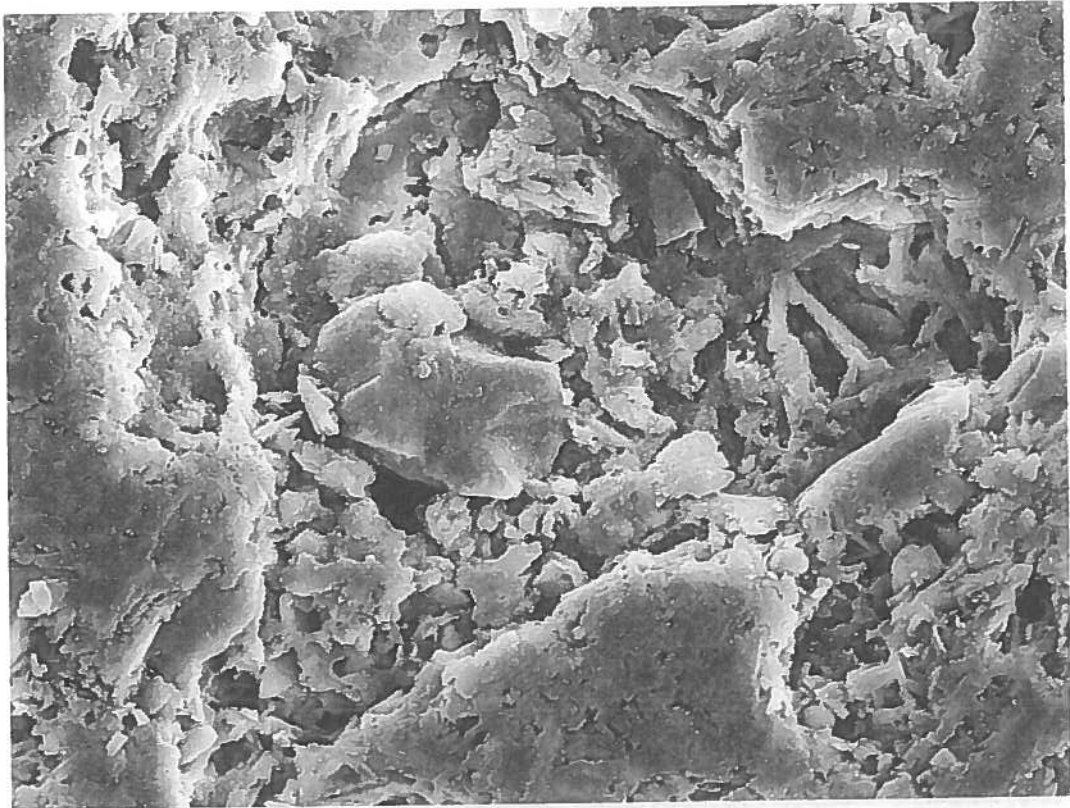
Fig 25: Seleuco I Nicátor: reverso borde a 50 aumentos



300µm

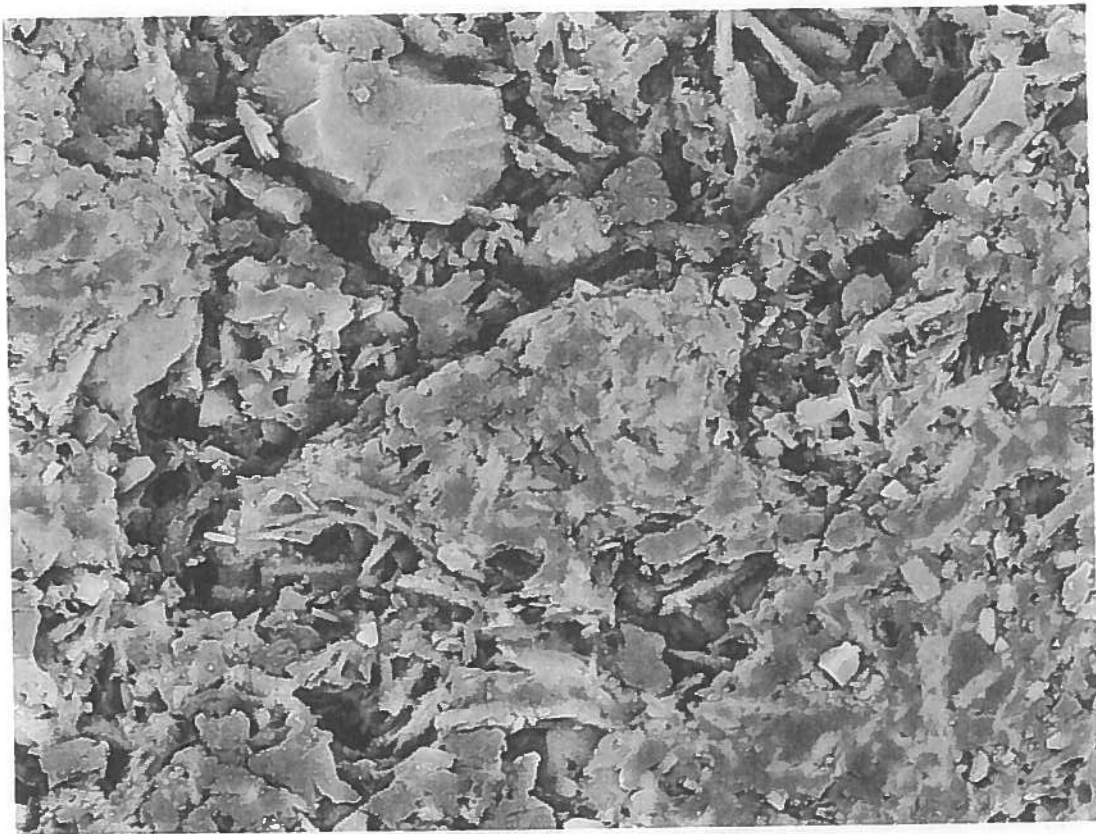
Fig 26: Seleuco I Nicátor: reverso borde a 200 aumentos





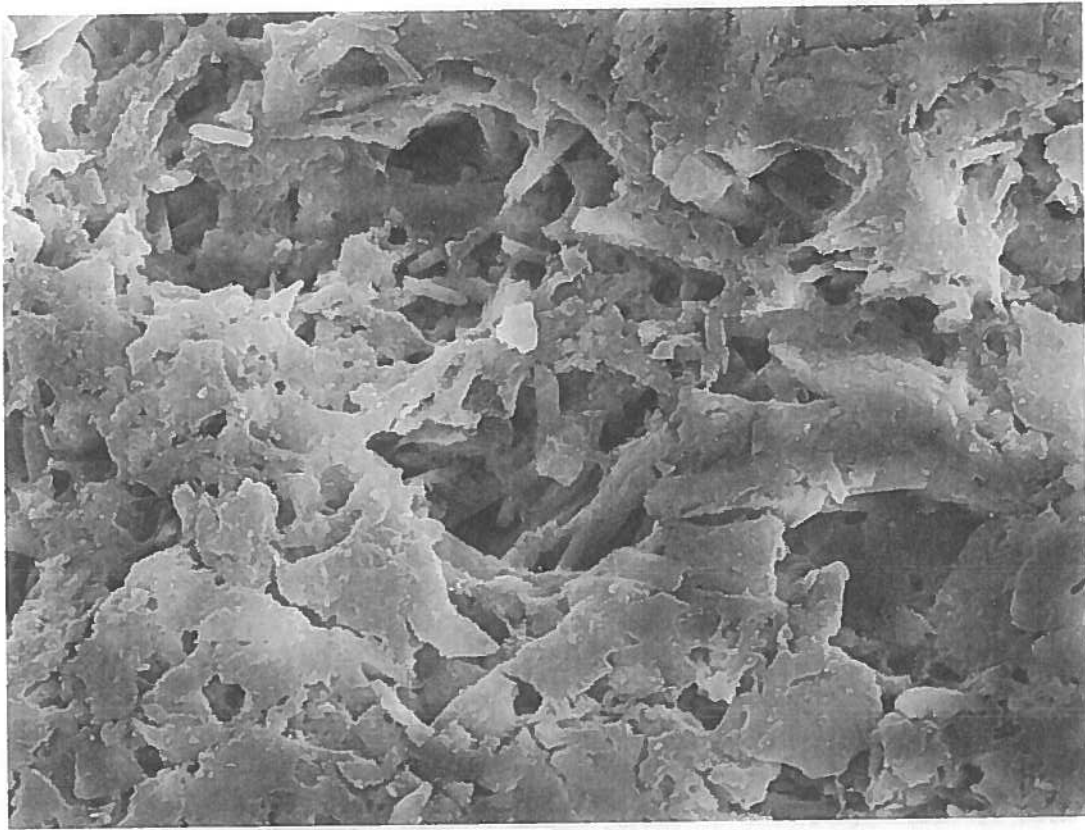
60µm

**Fig 27:** Seleuco I Nicátor: reverso borde a 1000 aumentos EDX-2



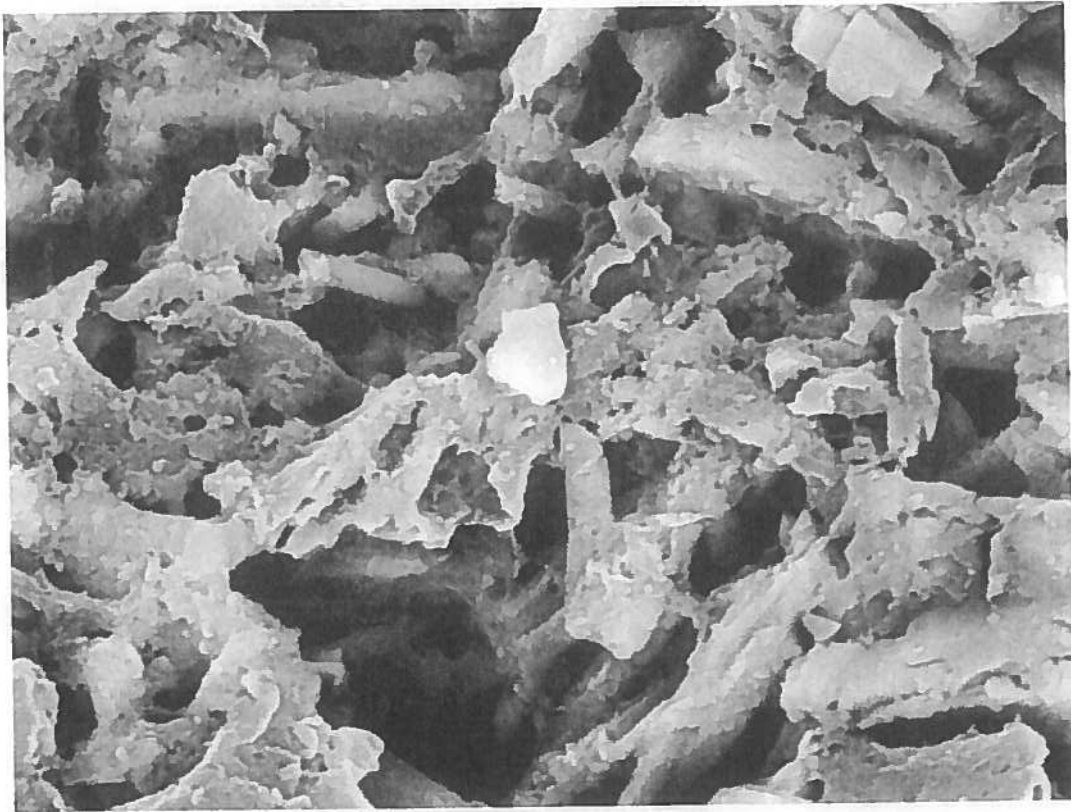
60µm

**Fig 28:** Seleuco I Nicátor: reverso borde a 1000 aumentos (retrodispersado)



30µm

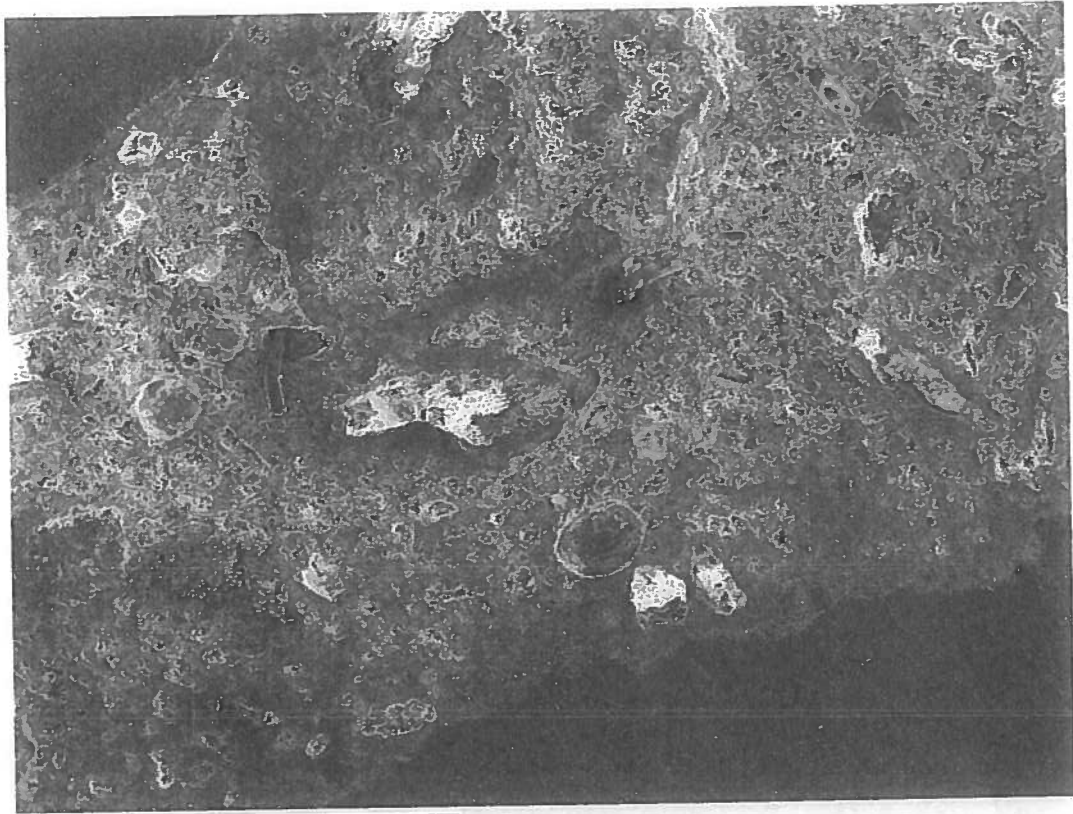
**Fig 29:** Seleuco I Nicátor: reverso borde a 2000 aumentos EDX-3



10µm

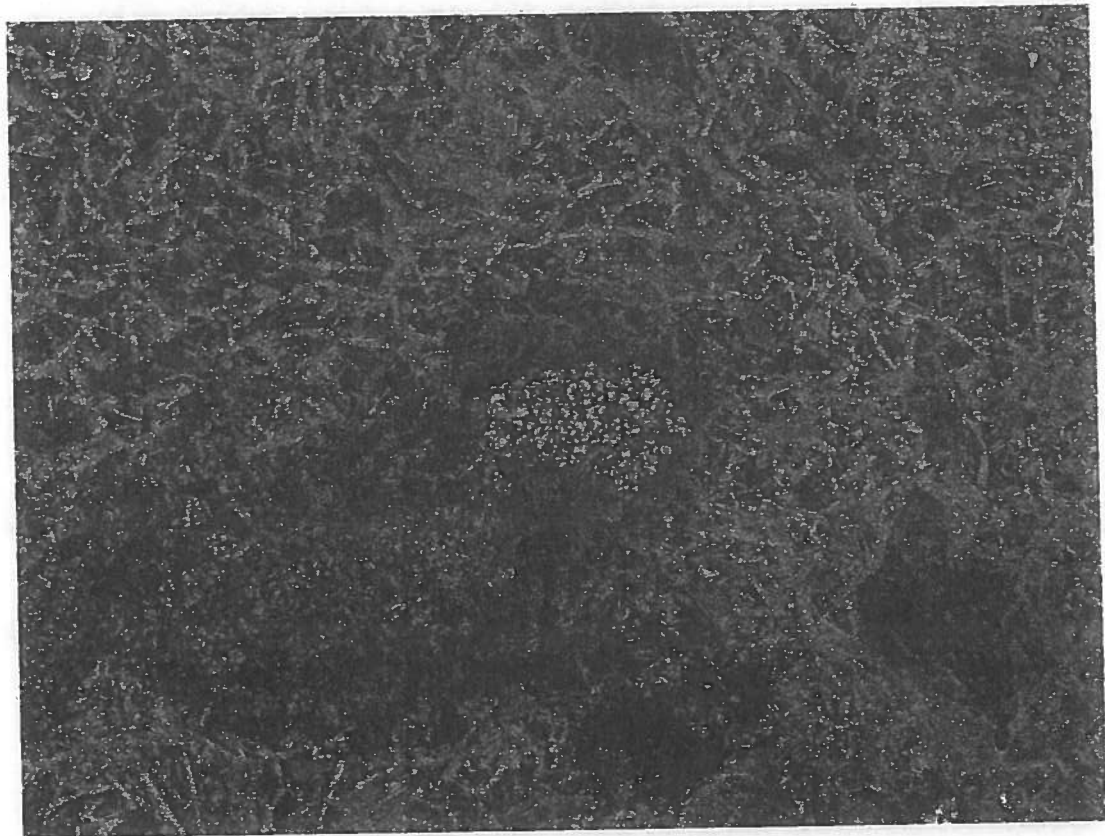
**Fig 30:** Seleuco I Nicátor: reverso borde a 4000 aumentos (retrodispersado)





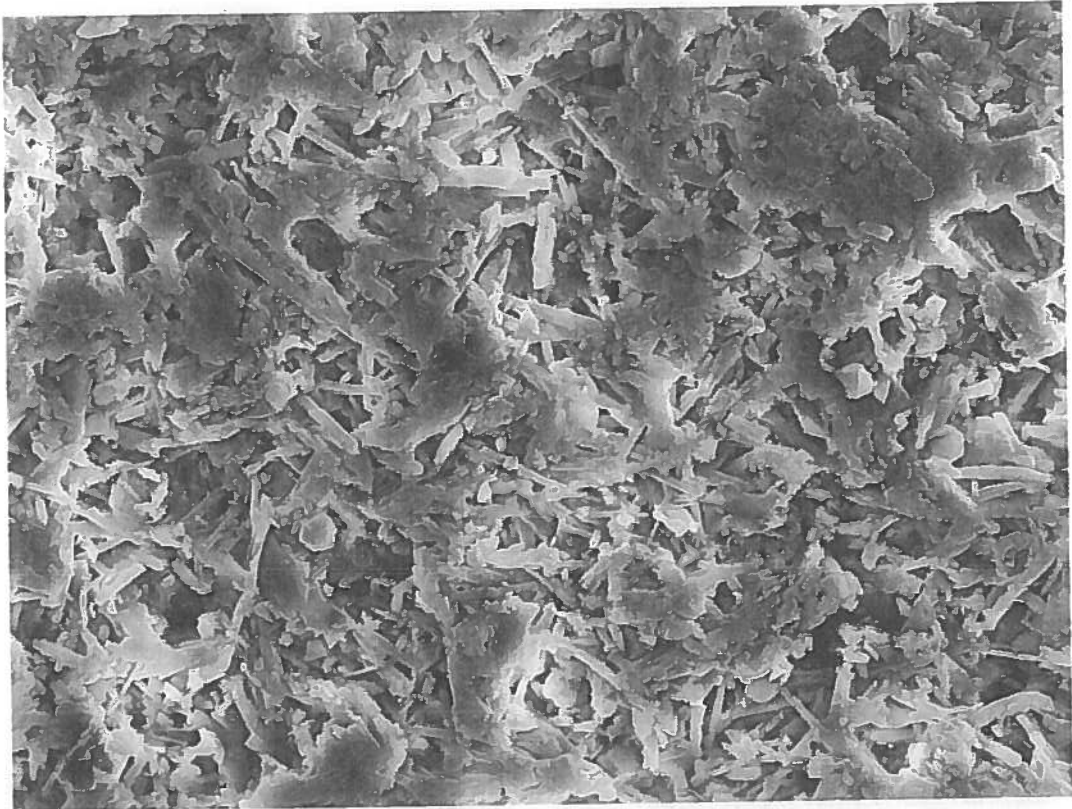
20µm

Fig 31: Seleuco I Nicátor: unión busto zócalo a 100 aumentos



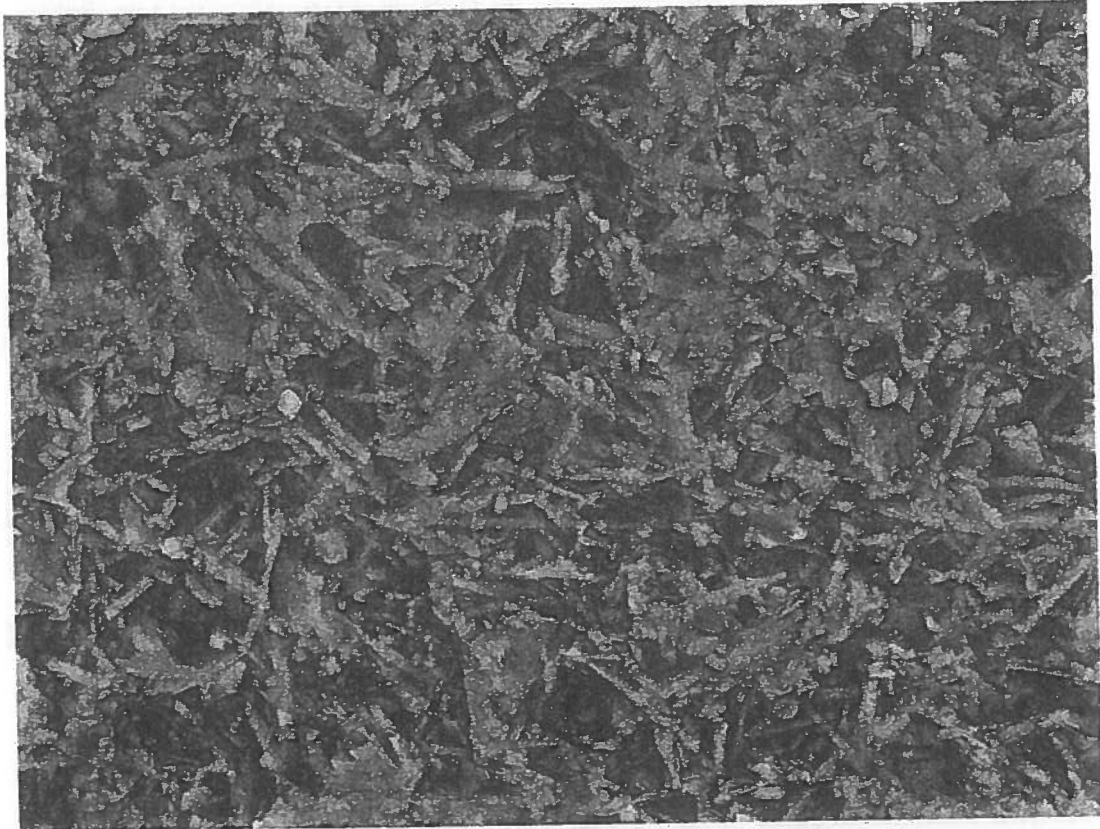
20µm

Fig 32: Seleuco I Nicátor: unión busto zócalo a 500 aumentos (retrodispersado)



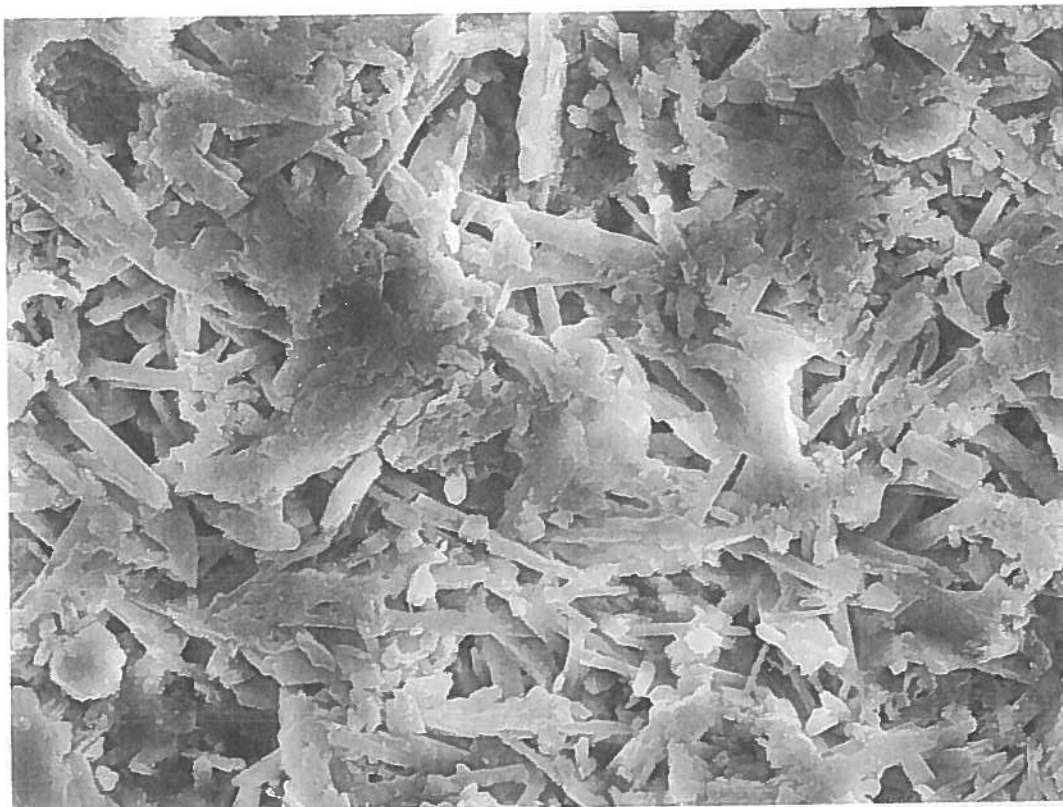
20 $\mu$ m

**Fig 33:** Seleuco I Nicátor: unión busto zócalo a 1000 aumentos



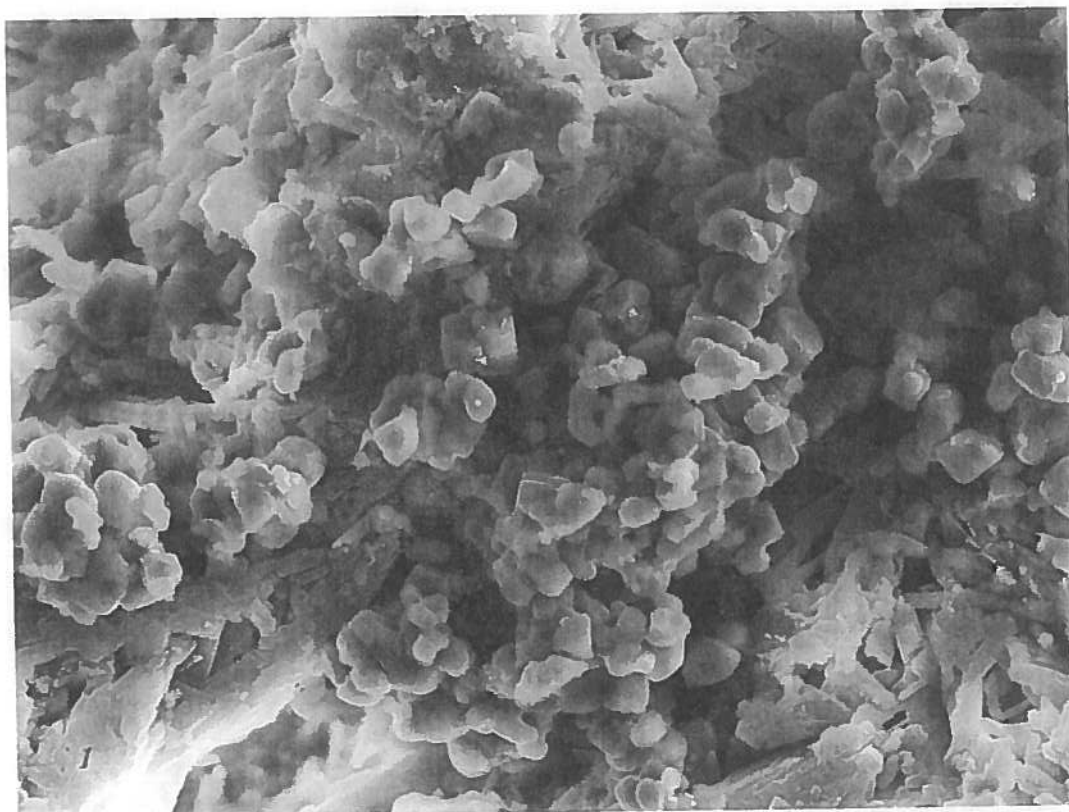
20 $\mu$ m

**Fig 34:** Seleuco I Nicátor: unión busto zócalo a 1000 aumentos (retrodispersado)



20µm

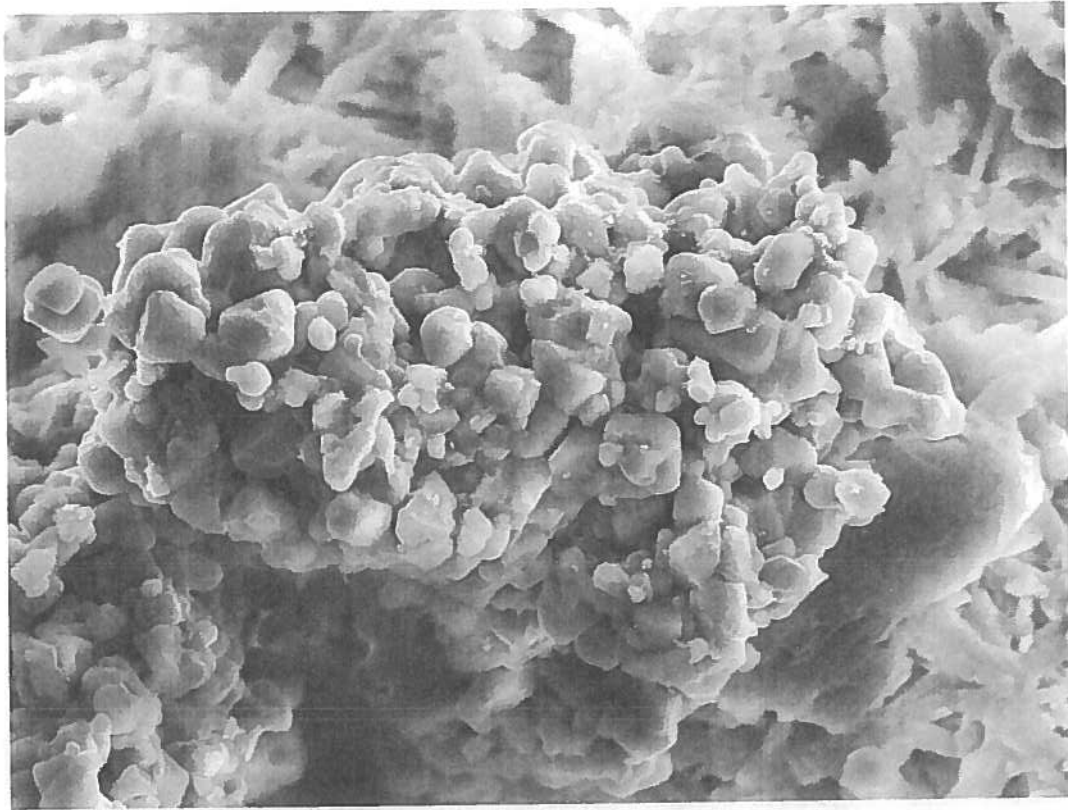
**Fig 35:** Seleuco I Nicátor: unión busto zócalo a 2000 aumentos



20µm

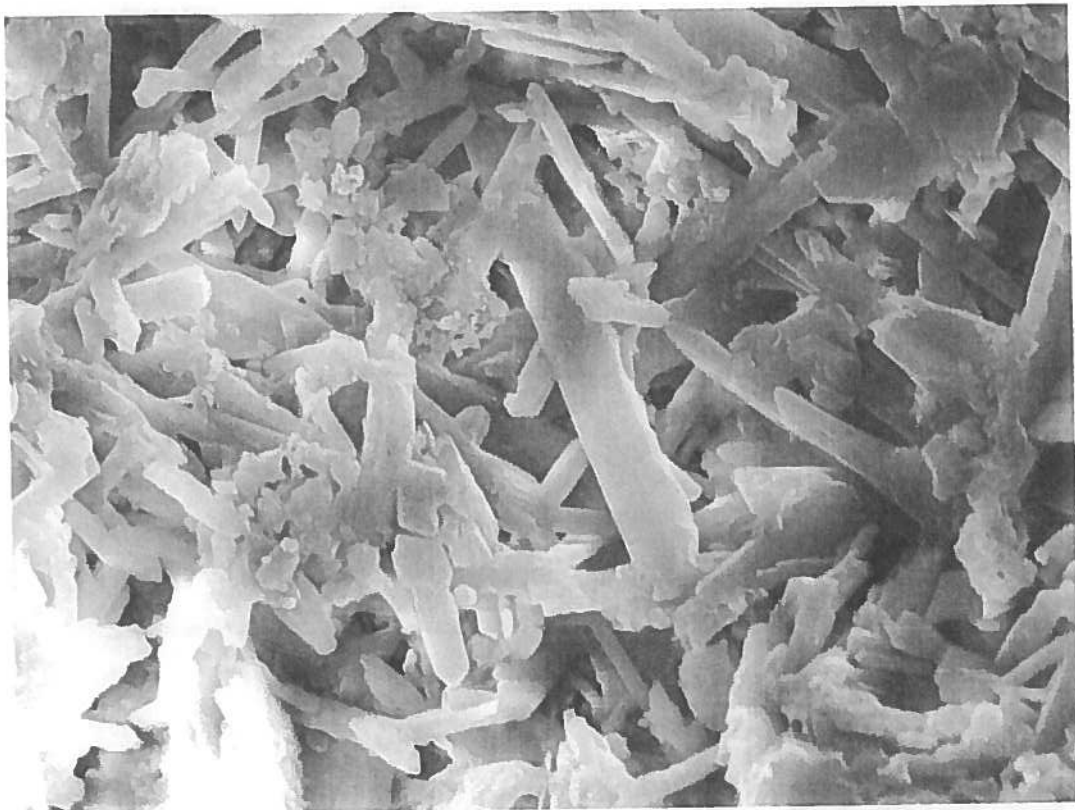
**Fig 36:** Seleuco I Nicátor: unión busto zócalo a 2000 aumentos (B)





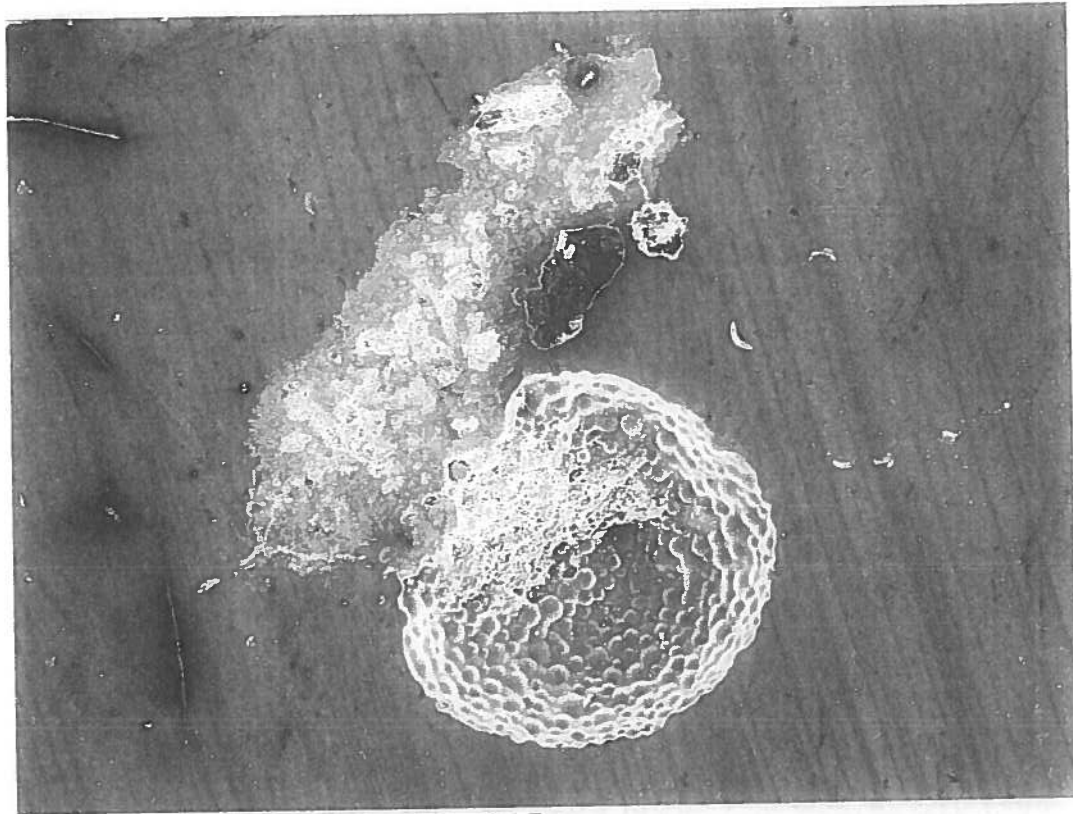
20 $\mu$ m

**Fig 37:** Seleuco I Nicátor: unión busto zócalo a 2200 aumentos



20 $\mu$ m

**Fig 38:** Seleuco I Nicátor: unión busto zócalo a 3300 aumentos



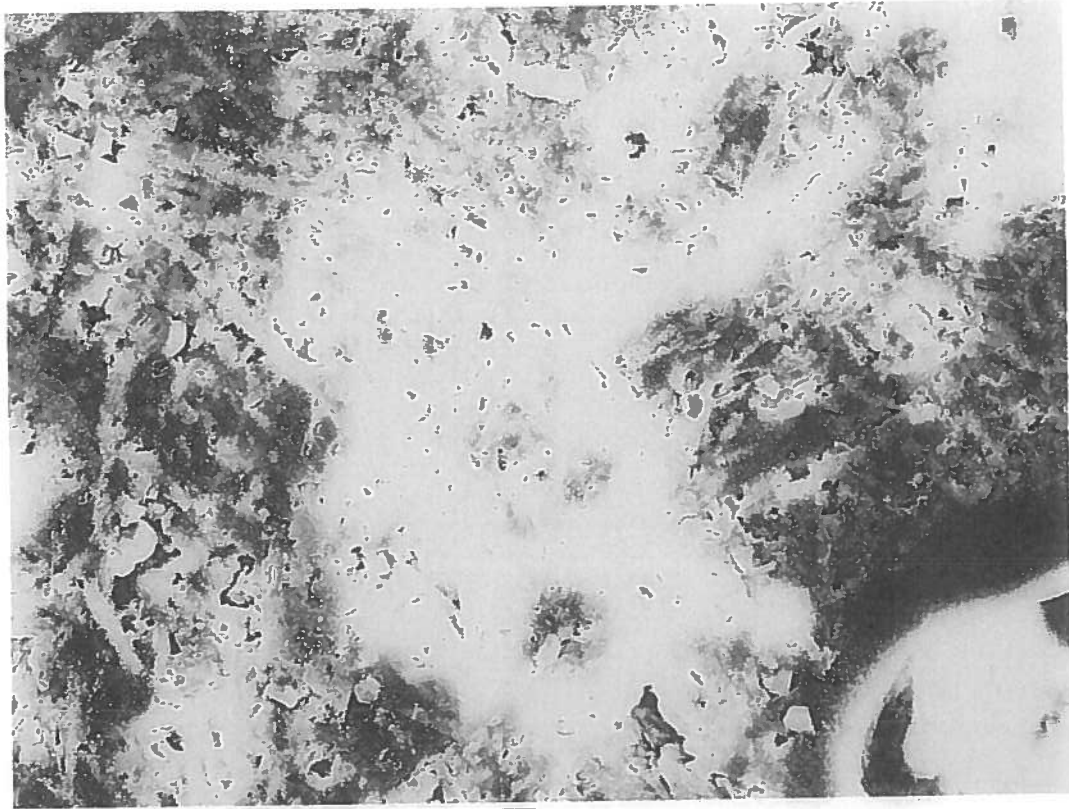
500 $\mu$ m

**Fig 39:** Laoconte, torso pectoral a 100 aumentos



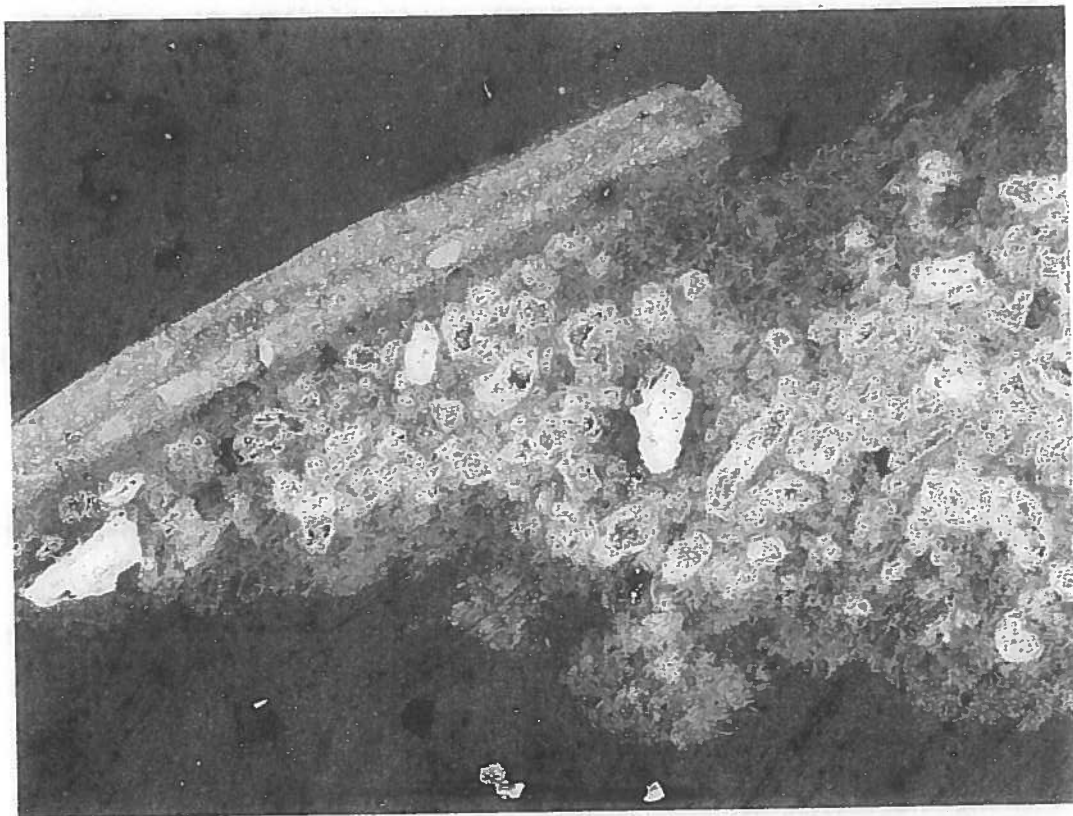
100 $\mu$ m

**Fig 40:** Laoconte, torso pectoral a 400 aumentos



50µm

**Fig 41:** Laocönte, torso pectoral a 1000 aumentos



100µm

**Fig 42:** Laocönte, muslo izquierdo a 100 aumentos





50µm

**Fig 43:** Laocnte muslo izquierdo a 350 aumentos



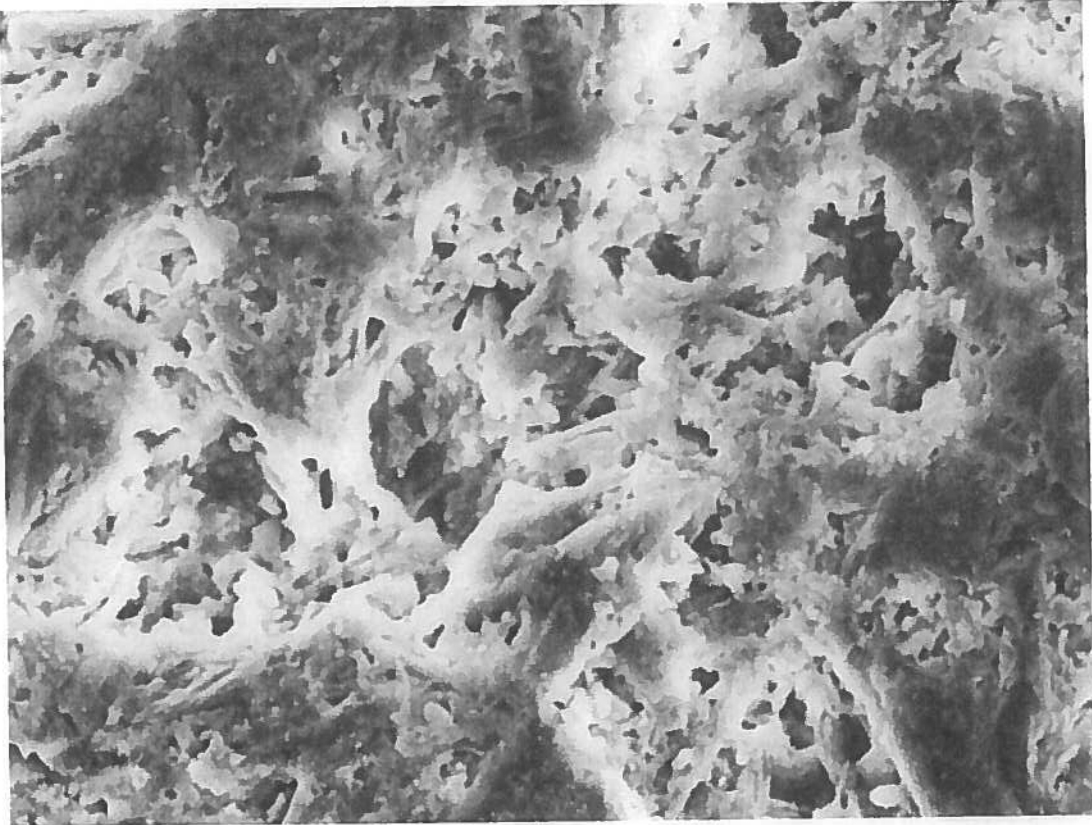
50µm

**Fig 44:** Laocnte, muslo izquierdo a 1000 aumentos (pintura)



50µm

**Fig 45:** Laoconte muslo izquierdo a 1000 aumentos (pintura 2)



50µm

**Fig 46:** Laoconte, muslo izquierdo a 1000 aumentos (yeso)



**Universidad Complutense de Madrid**  
Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

Además, los electrones incidentes excitan los átomos de la muestra y provocan la emisión de rayos X, cuya longitud de onda es característica de los elementos presentes en la muestra y cuya intensidad para una determinada longitud de onda es proporcional a la concentración relativa del elemento. El espectro de radiación X emitido por un mineral en este proceso puede ser utilizado para hacer un microanálisis químico semicuantitativo.

Se han efectuado 24 análisis por EDX, correspondiente a 10 submuestras procedentes de los cuatro vaciados bajo estudio.

Tabla 2: Relación de muestras investigadas por EDX.

EDX nº	SEM-fig	fecha	descripción	coment
1	4	04.02.	Capa superficial rotura brazo	W quitado
2	5	04.02.	Capa superficial rotura brazo	-
3	9	04.02.	brazo derecho	sustrato
4	sin imagen	04.02.	brazo derecho	sustrato, más alejado de la capa pictórica
5	10	04.02.	brazo derecho	sustrato, 2 zona ensayo
6	11	04.02.	brazo derecho	capa pictórica
7	13	30.03.	capa inferior Peana, zona trasera,	
8	HF 1A x 1000.jpg	30.03.	rótula inferior	statistics
9	17	08.01.	unión cintura	-
10	19	19.01.	unión cintura	Cristalito centrado romboedrica Grano redondeado a la derecha del cristal romboedrico, separado de el por zona plana
11	en ana6	19.01.	unión cintura	
12	en ana7	19.01.	testículos	Zona plana en la capa pictórica Grano cuadrado de bordes blancos
13	en ana7	19.01.	testículos	Grano redondeado
14	22	19.01.	testículos	cristal alargado prismático
15	22	19.01.	testículos	yeso
16	L 4i x 1000(2).jpg	18.03.	torso pectoral	misma zona que los EDX 16
17	L 4i x 1000(2).jpg	18.03.	torso pectoral	
18	L 5i x 1000 pintura (2).jpg	18.03.	muslo izquierdo	pintura
19	L 5i x 1000 yeso.jpg	18.03.	muslo izquierdo	statistics n=7
20	SN4AX1000-3.jpg	08.01.	reverso borde	-
21	SN4AX2000-4.jpg	08.01.	reverso borde	-
22	en ana4	08.01.	reverso borde	-
23	sn4bX2000_B.jpg	27.01.	unión busto	granos redondeados
24	sn4bX3300.jpg	27.01.	unión busto	-



**Universidad Complutense de Madrid**

Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

Las tablas 3 a 6 reúnen los resultados de los análisis EDX efectuados, los valores están expresados en atom % y la presencia de sombra en la tabla indica que se trata de una capa pictórica. El valor numérico que aparece detrás del código de cada muestra indica los aumentos bajo los cuales se ha efectuado el análisis EDX.

Tabla 3: Resultados EDX para muestras procedentes de la figura del Baco Médico

	1	2	3	4	5	6	7
muestra	BM3Ax2000	BM3Ax4000	BM3Bx2000b	BM3Bx2000c	BM3Bx2000d	BM3Bx5000	BM3Cx1000
C K	18,58	17,14	23,48	27,65	18,17	23,9	20,67
Mg		0,15	1,94				
Na	0,25						
Al K		0,25	0,58	0,73	0,15		0,27
Si K		0,67	0,26	0,23			3,36
S K	6,69	6,84	2,71	2,2	6,99		4,32
K		0,09	0,05				
Cl			0,14				
Ca K	8,42	8,98	6,06	2,78	8,57	0,27	4,97
Fe		0,09	0,05				
Zn			0,09			9,86	
Ba						0,55	
Pb						3,49	
Rb	0,2						
O	65,86	65,79	64,64	66,32	66,11	61,95	66,41

Tabla 4: Resultados EDX para muestras procedentes de la figura del Hércules Farnese

	8	9	10	11	12	13	14	15
muestra	HF1Ax1000	HF1B(x1K?)	HF1B(x2K?)	HF1B(x2K?)	HF1(Cx500?)	HF1C(x500?)	HF1Cx1000	HF1Cx1000
C K	30,27	32,46	45,19	34,47	47,72	55,88	34,98	43,02
Mg				1,03				
Na				0,66				
Al K			0,2	3,29	0,44		0,21	
Si K	1,31	26,32	4,99	15,16	2,02	1,22	2,57	2,19
S K	0,76	9,46	5,94		1,74		6,38	5,87
K			0,2	0,55				
Cl	0,07							
Ca K	1,06	13,5	9	2,54	6,17		8,76	7,63
Fe			0,63	1,33				
Zn								
Ba								
Pb					4,9	13,74		0,13
Te							0,26	
Rb								
O	66,52	15,16	33,86	40,98	37,01	29,16	37,83	41,15
Au		3,11						



**Universidad Complutense de Madrid**  
 Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

Tabla 5: Resultados EDX para muestras procedentes de la figura del Laoconte

	16	17	18	19
muestra	L4ix1000	L4ix2000	L5ix1000	L5ix1000
C K	26,23	25,43	29,98	21,74
Mg			0,14	0,31
Na				
Al K	0,1			
Si K	0,78	0,54	0,13	0,53
S K	2,96	3,55		4,98
K				
Br				0,06
Cl			0,15	
Ca K	3,45	3,94	0,32	6,28
Fe				
Zn			3,42	
Ba			0,27	
Pb			0,64	
Te				
Rb				
O	66,49	66,54	64,96	66,09
Au				

Tabla 6: Resultados EDX para muestras procedentes de la figura del Seleuco I Nicator

	20	21	22	23	24
S. Nicator	SN4Ax1000	SN4Ax2000	SN4A(x4K)	SN4Bx2000	SN4Bx3300
C K	42,62	23,92	46,4		13,26
Mg					
Na			0,39		
Al K				0,41	
Si K	0,73	0,6	0,41	0,5	0,28
S K	14,62	24,52	15,28		9,13
K					
Cl					
Ca K	15,25	34,42	16,55	0,85	11,44
Fe				28,44	
Zn					
Ba					
Pb					
Te					
V				0,34	
Cr				15,09	
Rb					
O	24,29	13,42	18,92	54,38	65,9

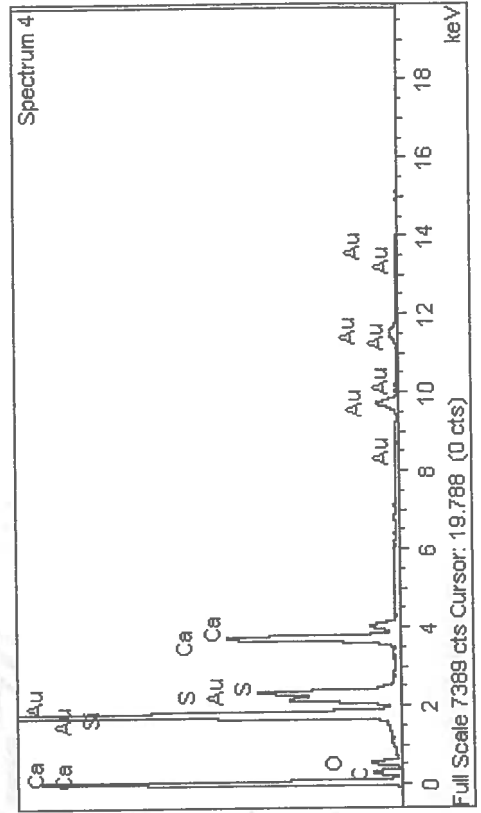
Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 3

Standard :

C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Au Au 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
CK	13.79	32.46
OK	8.57	15.16
SiK	26.14	26.32
SK	10.73	9.46
CaK	19.13	13.50
AuM	21.64	3.11
Totals	100.00	



Comment: Hercules Farnese, unión cintura a 1000 aumentos  
HF 1B, 08.01.2009



# C.A.I. AAA: Project Colección Velásquez – estudio piloto

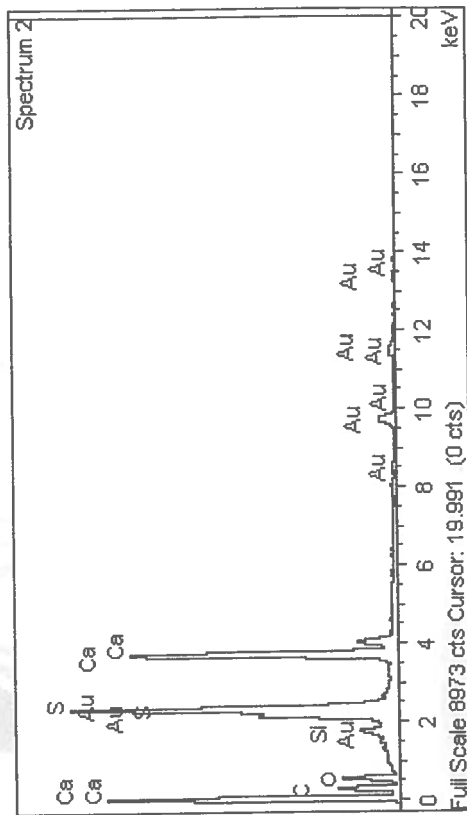
Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 4

Standard :

C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Au Au 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
CK	20.55	42.62
OK	15.60	24.29
SiK	0.83	0.73
SK	18.81	14.62
CaK	24.54	15.25
AuM	19.67	2.49
Totals	100.00	



Comment: Seleuco I Nicator, reverso borde a 1000 aumentos  
SN 4A, 08.01.2009

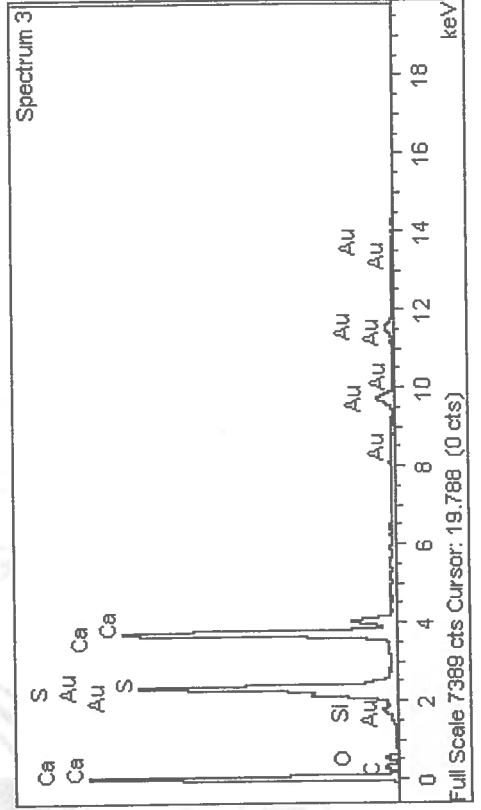
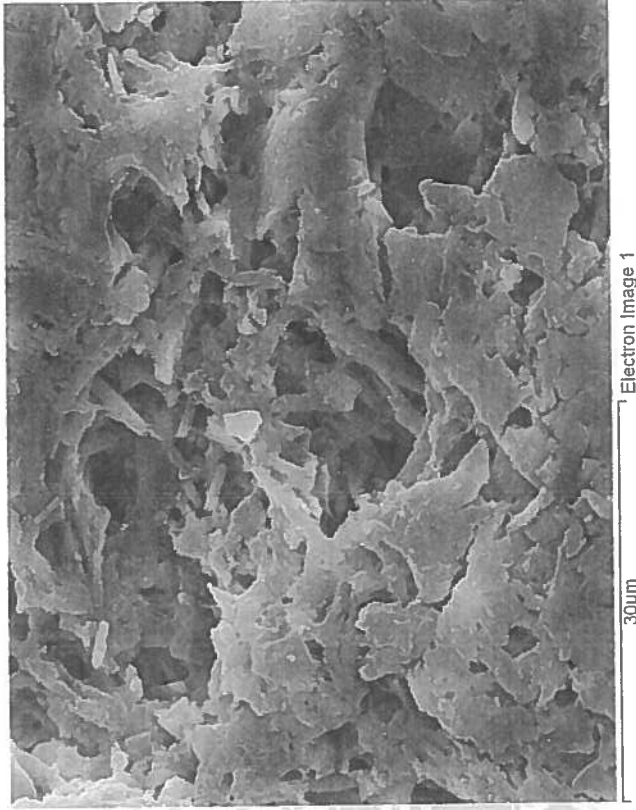
C.A.I. AAA: Project Colección Velásquez – estudio piloto

Spectrum processing :  
Peak possibly omitted : 16.131 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 3

Standard :  
C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Au Au 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
CK	8.71	23.92
OK	6.51	13.42
SiK	0.51	0.60
SK	23.83	24.52
CaK	41.81	34.42
AuM	18.64	3.12
Totals	100.00	



Comment: Seleuco I Nicátor: reverso borde a 2000 aumentos  
SN 4A, 08.01.2009

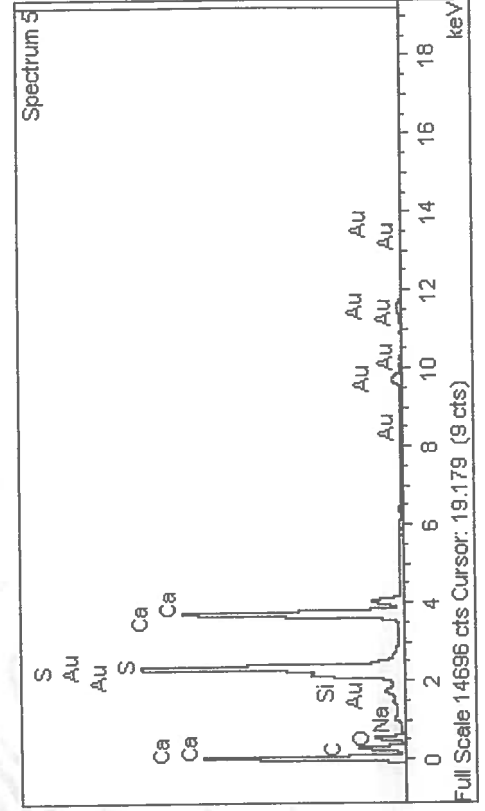
C.A.I. AAA: Project Colección Velásquez – estudio piloto

Spectrum processing :  
Peak possibly omitted : 6.000 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 4

Standard :  
C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Au Au 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
C K	22.86	46.40
O K	12.41	18.92
Na K	0.37	0.39
Si K	0.48	0.41
S K	20.09	15.28
Ca K	27.21	16.55
Au M	16.59	2.05
Totals	100.00	



Comment: Hercules Farnese, unión cintura a 1000 aumentos  
HF 1B, 08.01.2009 véase EDX1

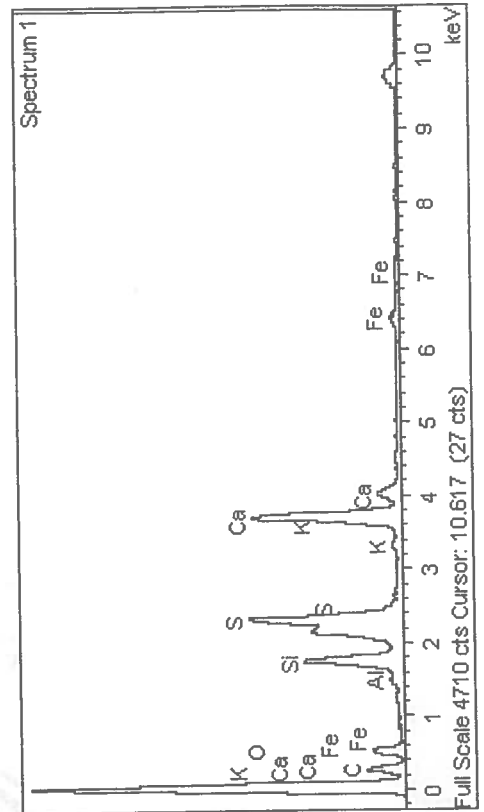
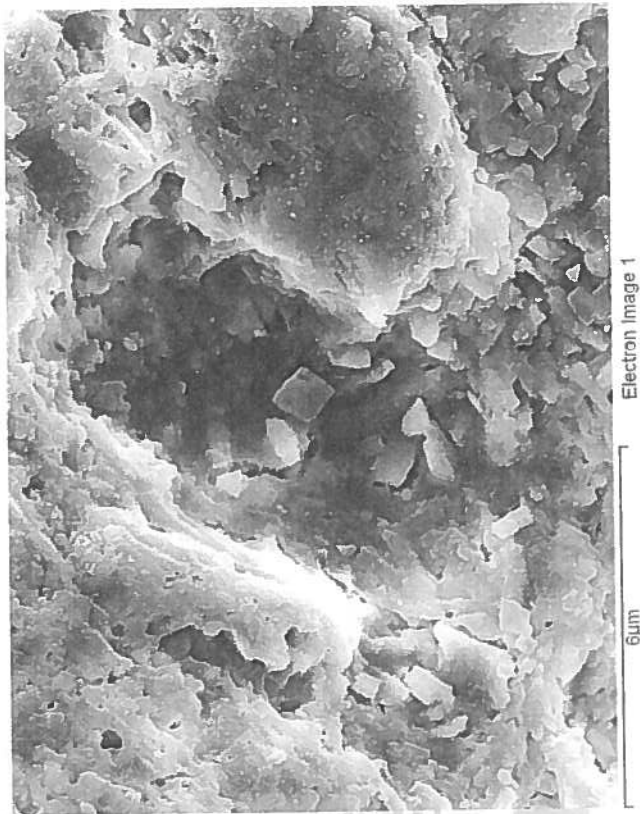
# C.A.I. AAA: Project Colección Velásquez -- estudio piloto

Spectrum processing :  
 Peaks possibly omitted : 4.520, 9.701, 11.460 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
 Number of iterations = 4

Standard :  
 C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
 O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
C K	29.76	45.19
O K	29.70	33.86
Al K	0.30	0.20
Si K	7.68	4.99
S K	10.44	5.94
K K	0.42	0.20
Ca K	19.77	9.00
Fe K	1.92	0.63
Totals	100.00	



Comment: Hercules Farnese, unión cintura a 2000 aumentos  
 Cristalito centrado romboédrico. Muestra HF1B; 19.01.2009

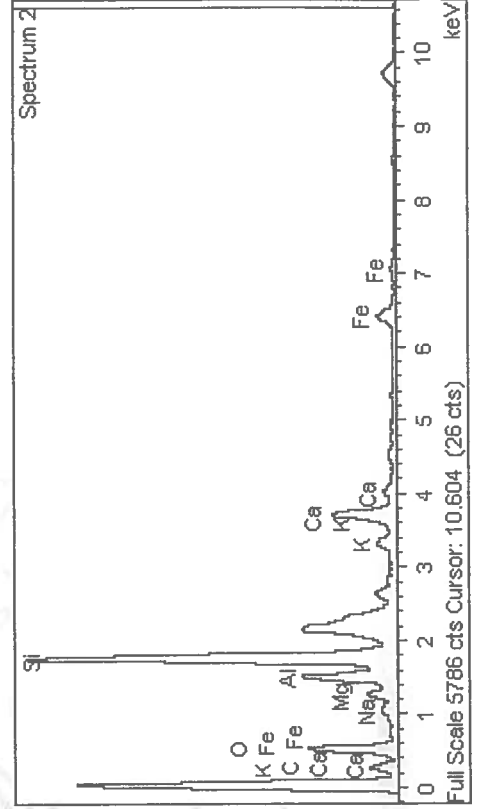
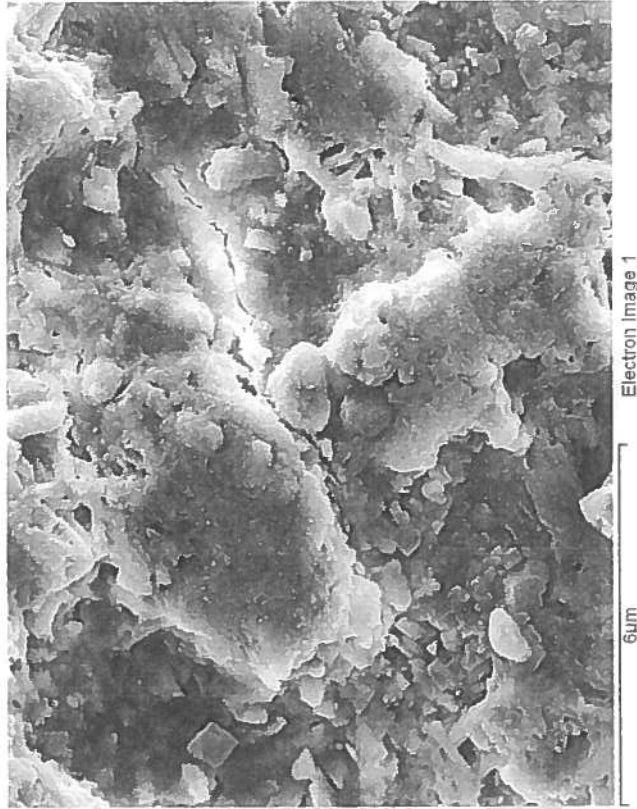
Spectrum processing :  
 Peaks possibly omitted : 2.140, 2.632, 4.521, 5.280, 9.705, 11.466, 13.340 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
 Number of iterations = 5

Standard :

C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
 O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Mg MgO 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
CK	22.72	34.47
OK	35.99	40.98
NaK	0.83	0.66
MgK	1.37	1.03
AlK	4.87	3.29
SiK	23.37	15.16
KK	1.18	0.55
CaK	5.59	2.54
FeK	4.08	1.33
Totals	100.00	



Comment: Grano redondeado a la derecha del cristal romboédrico, separado de el por zona plana. Muestra HF1B; 19.01.2009



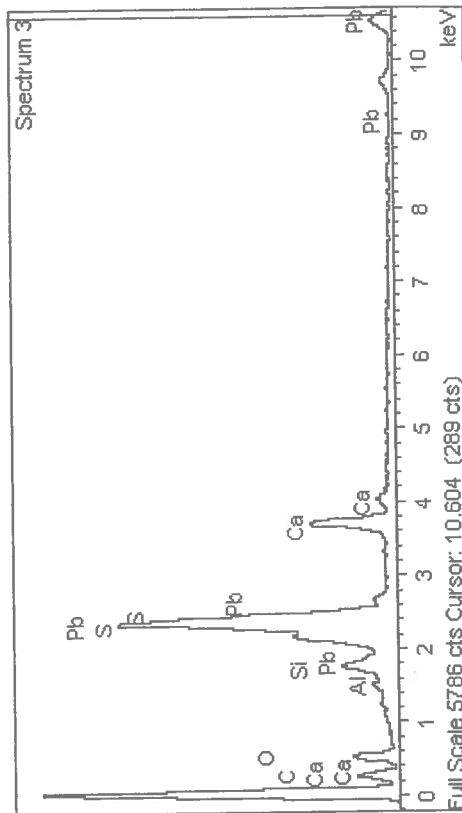
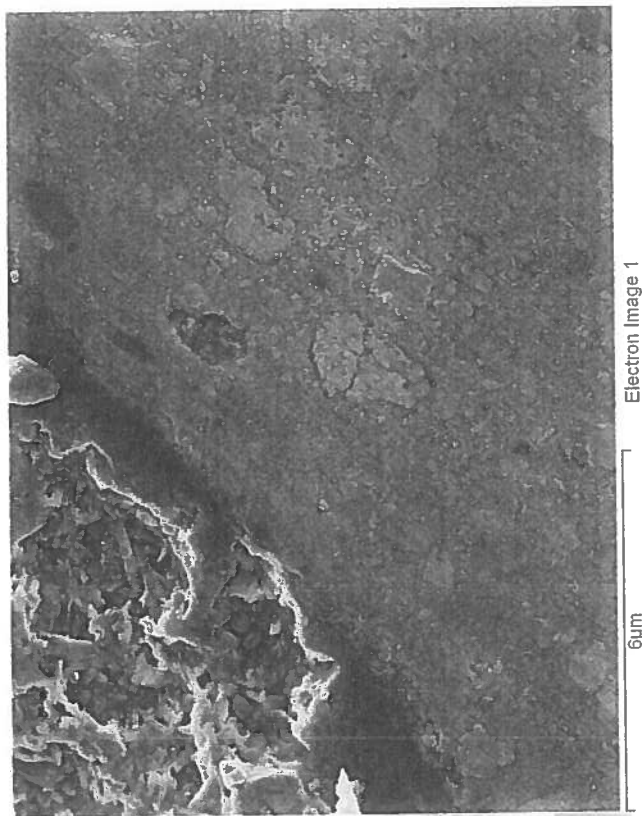
Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 4

Standard :

C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Pb PbF2 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
CK	22.46	47.72
OK	23.20	37.01
AlK	0.46	0.44
SiK	2.22	2.02
SK	2.19	1.74
CaK	9.68	6.17
PbM	39.79	4.90
Totals	100.00	



Comment: Zona plana en la capa pictórica. HF 1C, testículos (con pintura). A 50 aumentos, 19.01.2009.

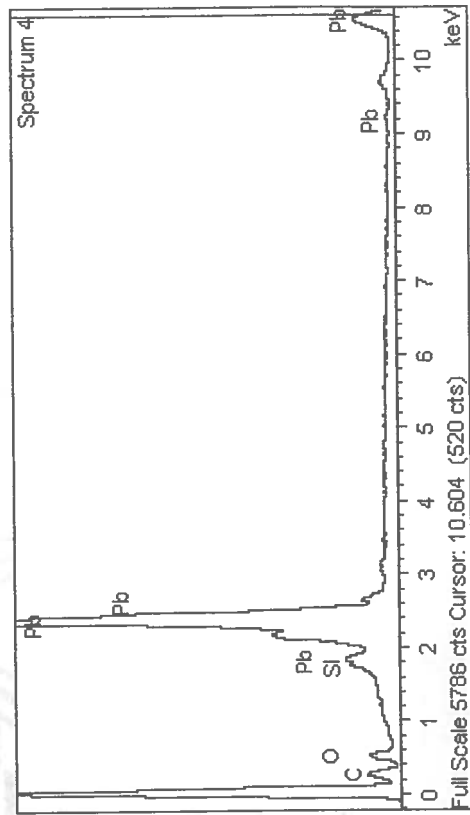
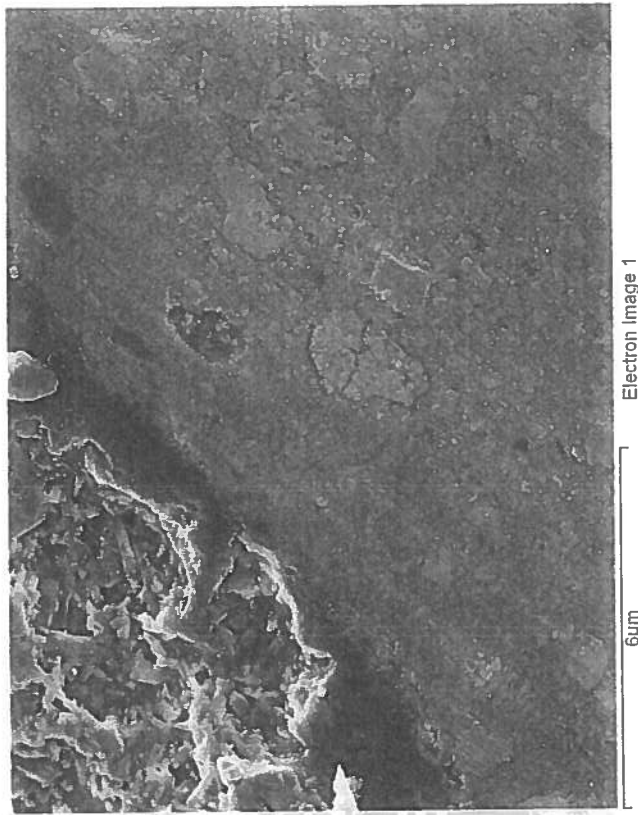
Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 3

Standard :

C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Pb PbF2 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
CK	16.70	55.88
OK	11.61	29.16
SiK	0.86	1.22
PbM	70.83	13.74
Totals	100.00	



Comment: Grano cuadrado de bordes blancos. HF 1C, testículos (con pintura). A 50 aumentos, 19.01.2009.

# C.A.I. AAA: Project Colección Velásquez – estudio piloto

Spectrum processing :

Peaks possibly omitted : 9.705, 11.470, 13.380 keV

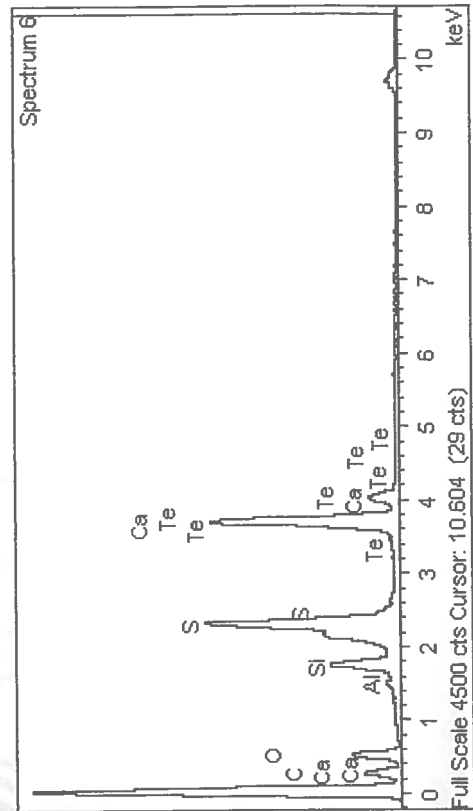
Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 4

Standard :

C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
 O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Te HgTe 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
C K	29.34	43.98
O K	33.62	37.83
Al K	0.31	0.21
Si K	4.02	2.57
S K	11.36	6.38
Ca K	19.51	8.76
Te L	1.85	0.26
Totals	100.00	



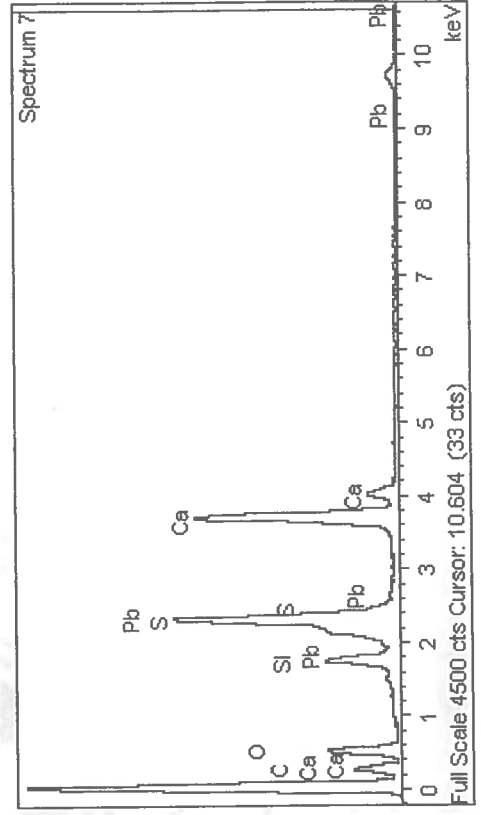
Comment: Grano redondeado. HF 1C, testículos (con pintura). A 50 aumentos, 19.01.2009.

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)  
Number of iterations = 5

Standard :  
C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Pb PbF2 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%
CK	29.41	43.02
OK	37.47	41.15
SiK	3.51	2.19
SK	10.71	5.87
CaK	17.41	7.63
PbM	1.50	0.13
Totals	100.00	



Comment: cristal alargado prismático. HF 1C, testículos (con pintura). A 50 aumentos, 19.01.2009.



Spectrum processing :  
 Peaks possibly omitted : 2.141, 9.702, 11.499 keV

Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
 Number of iterations = 3

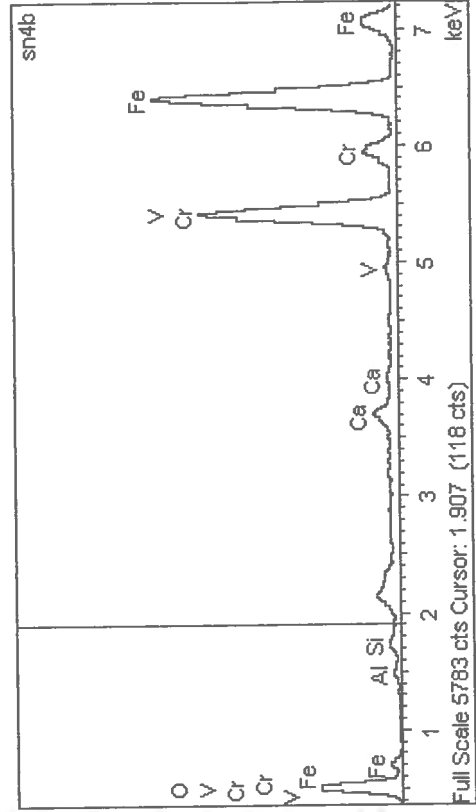
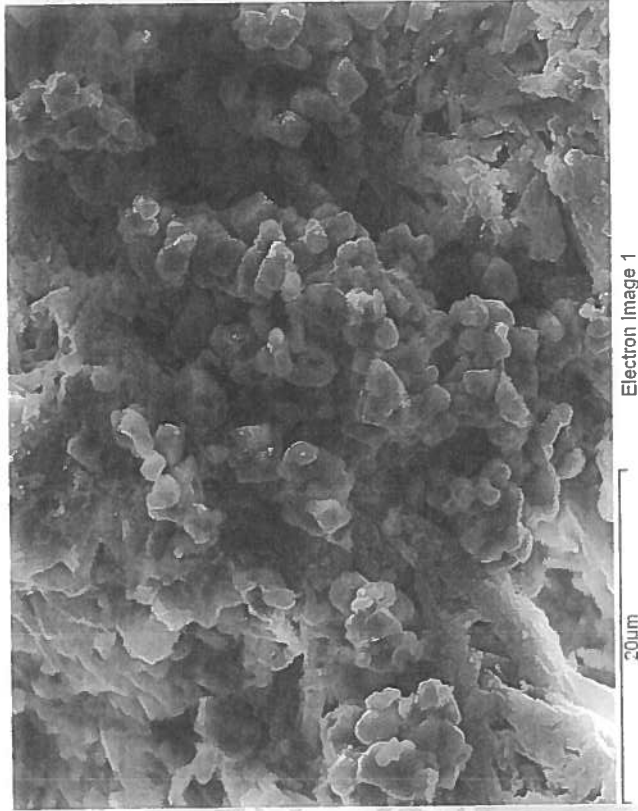
Standard :

Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
 V V 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Cr Cr 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM

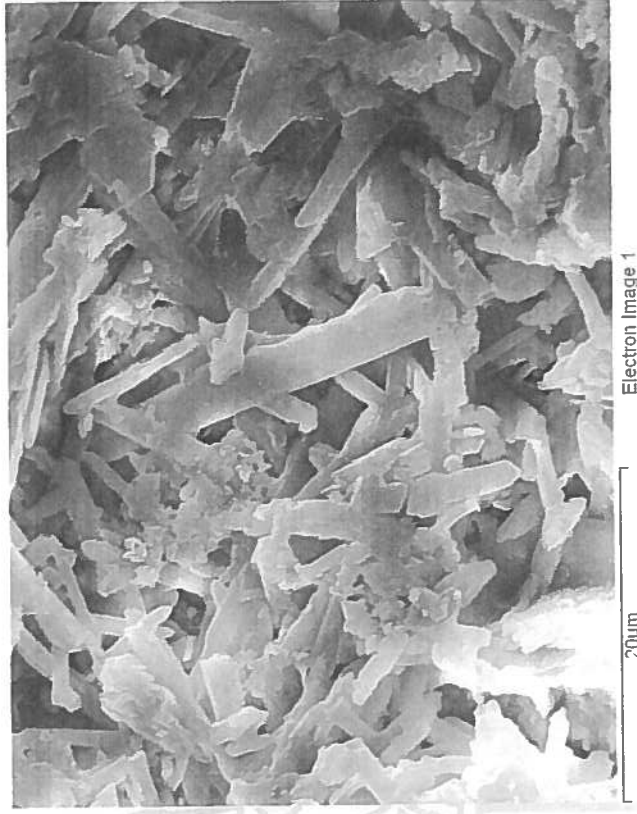
Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
Al K	0.34	0.41	0.63	Al2O3
Si K	0.42	0.50	0.90	SiO2
Ca K	1.02	0.85	1.43	CaO
V K	0.52	0.34	0.92	V2O5
Cr K	23.64	15.09	34.55	Cr2O3
Fe K	47.85	28.44	61.56	FeO
O	26.21	54.38		
Totals	100.00			

STRANGE ELEMENT CONTENT - CHECK

Comment: Granos redondeados. Seleuco I Nicator unión busto – zócalo a 2000 aumentos. SN4B el 27.01.2009.



C.A.I. AAA: Project Colección Velásquez – estudio piloto

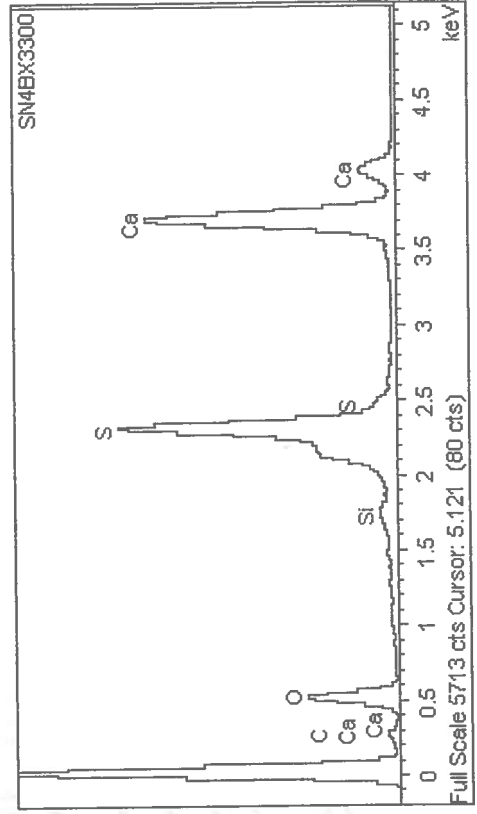


Spectrum processing :  
 Peaks possibly omitted : 9.702, 11.528 keV

Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
 Number of iterations = 4

Standard :  
 C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	8.07	13.26	29.58	CO2
Si K	0.40	0.28	0.85	SiO2
S K	14.84	9.13	37.06	SO3
Ca K	23.24	11.44	32.52	CaO
O	53.45	65.90		
Totals	100.00			



Comment: Seleuco I Nicator unión busto – zócalo a 3300 aumentos. SN4B el 27.01.2009.

C.A.I. AAA: Project Colección Velásquez – estudio piloto

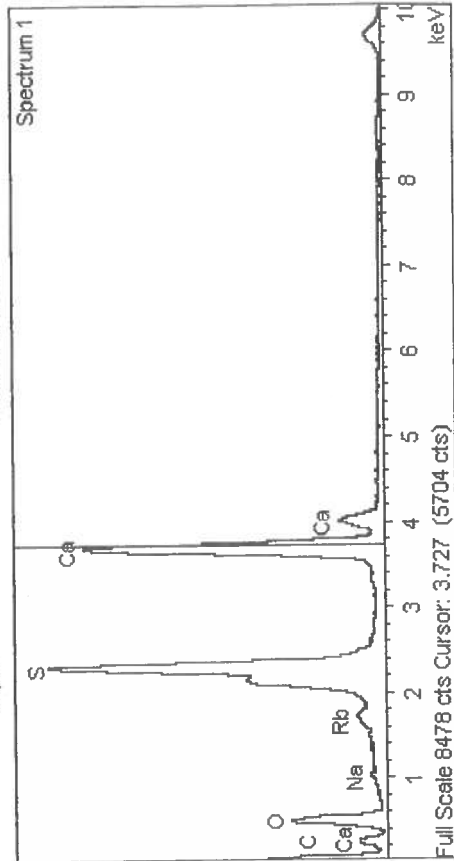
Spectrum processing :  
 Peaks possibly omitted : 8.565, 9.704, 11.479 keV

Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
 Number of iterations = 5

Standard :

C CaCO3 1-jun-1999 12:00 AM  
 Na Albite 1-jun-1999 12:00 AM  
 S FeS2 1-jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-jun-1999 12:00 AM  
 Rb Not defined 1-jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	12.05	18.58	44.17	CO2
Na K	0.32	0.25	0.42	Na2O
S K	11.58	6.69	28.91	SO3
Ca K	18.22	8.42	25.50	CaO
Rb L	0.92	0.20	1.00	Rb2O
O	56.91	65.86		
Totals	100.00			

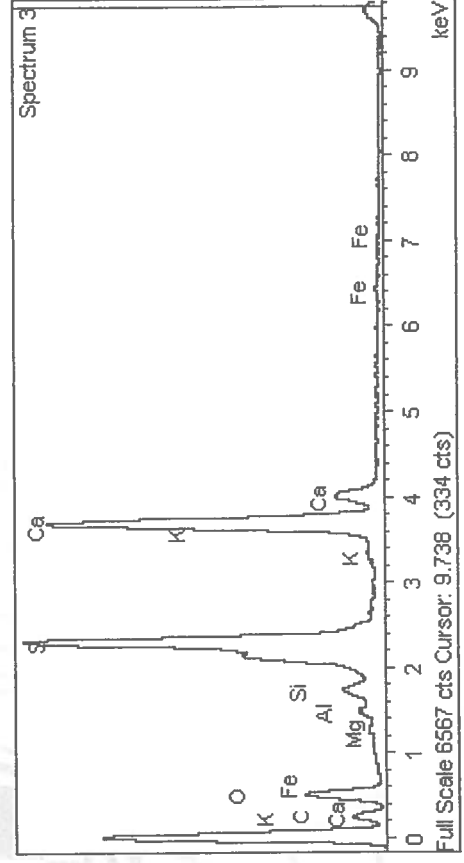


Comment: W quitado, BM3A, 04.02.2009. Bacco Médici - Capa superficial rotura brazo a 2000 aumentos.

Spectrum processing :  
 Peaks possibly omitted : 9.703, 11.480, 13.396 keV  
 Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
 Number of iterations = 5

Standard :  
 C CaCO3 1-jun-1999 12:00 AM  
 Mg MgO 1-jun-1999 12:00 AM  
 Al Al2O3 1-jun-1999 12:00 AM  
 Si SiO2 1-jun-1999 12:00 AM  
 S FeS2 1-jun-1999 12:00 AM  
 K MAD-10 Feldspar 1-jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-jun-1999 12:00 AM  
 Fe Fe 1-jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C	10.97	17.14	40.21	CO2
Mg	0.19	0.15	0.31	MgO
Al	0.37	0.25	0.69	Al2O3
Si	1.01	0.67	2.15	SiO2
S	11.70	6.84	29.20	SO3
K	0.18	0.09	0.22	K2O
Ca	19.20	8.98	26.86	CaO
Fe	0.26	0.09	0.34	FeO
O	56.12	65.79		
Totals	100.00			



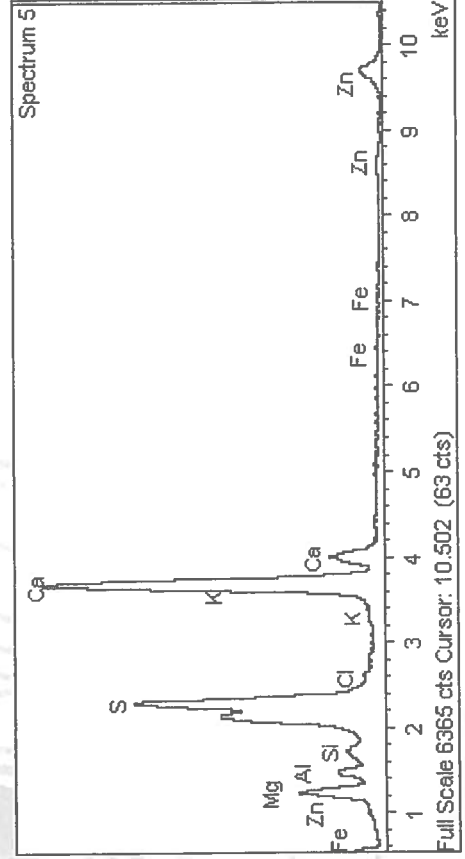
Comment: BM3A Capa superficial rotura brazo a 4000 aumentos,  
 04.02.2009.



Spectrum processing :  
 Peaks possibly omitted : 11.475, 13.342, 17.240 keV  
 Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
 Number of iterations = 5

Standard :  
 C CaCO3 1-jun-1999 12:00 AM  
 Mg MgO 1-jun-1999 12:00 AM  
 Al Al2O3 1-jun-1999 12:00 AM  
 Si SiO2 1-jun-1999 12:00 AM  
 S FeS2 1-jun-1999 12:00 AM  
 Cl KCl 1-jun-1999 12:00 AM  
 K MAD-10 Feldspar 1-jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-jun-1999 12:00 AM  
 Fe Fe 1-jun-1999 12:00 AM  
 Zn Zn 1-jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	16.29	23.48	59.68	CO2
Mg K	2.72	1.94	4.52	MgO
Al K	0.90	0.58	1.71	Al2O3
Si K	0.42	0.26	0.91	SiO2
S K	5.01	2.71	12.51	SO3
Cl K	0.30	0.14	0.00	K2O
K K	0.11	0.05	0.13	CaO
Ca K	14.02	6.06	19.61	FeO
Fe K	0.17	0.05	0.22	ZnO
Zn K	0.33	0.09	0.42	
O	59.72	64.64		
Totals	100.00			



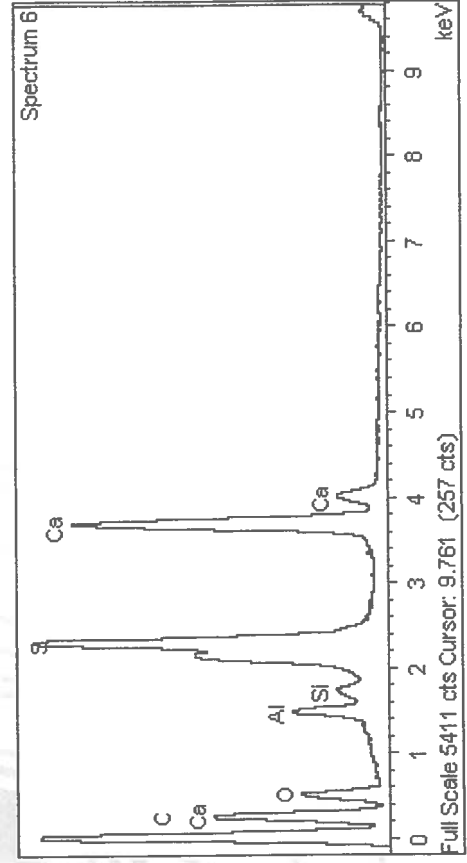
Comment: BM3B Bacco Médici - Brazo derecho a 2000 aumentos (yeso) sustrato. 04.02.2009.

C.A.I. AAA: Project Colección Velásquez – estudio piloto

Spectrum processing :  
 Peaks possibly omitted : 6.405, 9.703, 11.480, 13.372 keV  
 Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
 Number of iterations = 6

Standard :  
 C CaCO3 1-jun-1999 12:00 AM  
 Al Al2O3 1-jun-1999 12:00 AM  
 Si SiO2 1-jun-1999 12:00 AM  
 S FeS2 1-jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	20.70	27.65	75.84	CO2
Al K	1.23	0.73	2.32	Al2O3
Si K	0.39	0.23	0.85	SiO2
S K	4.40	2.20	10.98	SO3
Ca K	7.16	2.87	10.02	CaO
O	66.12	66.32		
Totals	100.00			



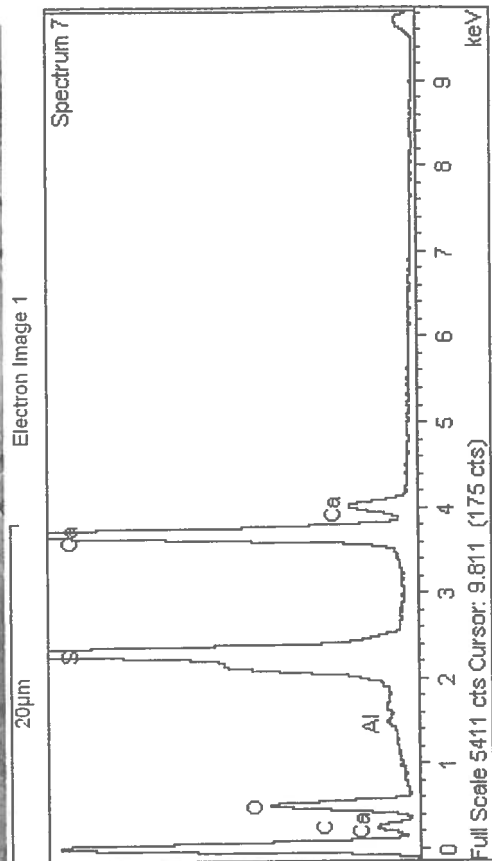
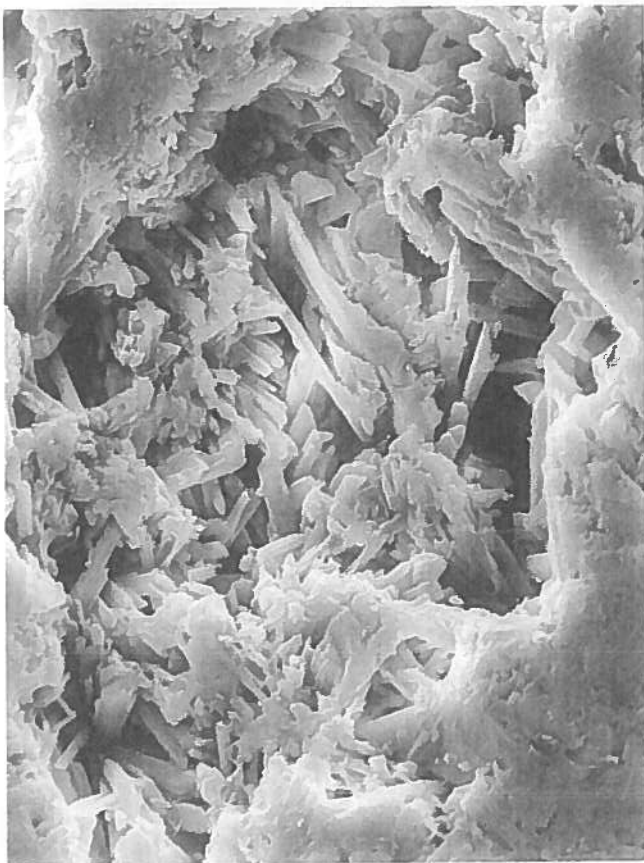
Comment: BM3B x 2000 (b)  
 sustrato, más alejado de la capa pictórica, sin imagen grabado

# C.A.I. AAA: Project Colección Velásquez – estudio piloto

Spectrum processing :  
 Peaks possibly omitted : 9.703, 11.474, 13.376 keV  
 Processing option : Oxygen by stoichiometry (Normalised)  
 Number of iterations = 5

Standard :  
 C CaCO3 1-jun-1999 12:00 AM  
 Al Al2O3 1-jun-1999 12:00 AM  
 S FeS2 1-jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-jun-1999 12:00 AM

Element	Weight%	Atomic%	Compd%	Formula
C K	11.81	18.17	43.27	CO2
Al K	0.22	0.15	0.42	Al2O3
S K	12.13	6.99	30.29	SO3
Ca K	18.59	8.57	26.02	CaO
O	57.24	66.11		
Totals	100.00			



Comment: BM3B x 2000 (b)  
 sustrato, sustrato, 2 zona ensayo imagen grabado



Universidad Complutense de Madrid  
Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

Ciudad Universitaria  
28040 Madrid  
Tfno.: 91.394.41.46  
Fax.: 91.394.43.29  
E-mail: cdietz@quim.ucm.es

## B. ICP-MS

El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) se usa como fuente de ionización en espectrometría de masas, que tiene excelentes características para el *análisis elemental a nivel de trazas*. Los límites de detección obtenidos están en el rango de las partes por trillón para la mayor parte de los elementos de la tabla periódica.

Actualmente se estudia, en colaboración con el Instituto de Geociencias de la Universidad de Potsdam, si cabe la posibilidad de encontrar una distribución elemental característica para yesos de diferente procedencia. Para la investigación se emplearon 5 fragmentos de dos zonas diferentes del Hércules Farnese, una muestra del Baco Médico y dos diferentes yesos modernos. No hubo suficiente cantidad de muestra para incluir los vaciados de Seleuco I Nicator y Laoconte. La tabla 7 reúne las condiciones de análisis por ICP-MS.

Tabla 7: Condiciones instrumentales de medidas con ICP-MS

Instrument: HP 4500 ICP-MS		Modo: continuo, nebulizador Babbington enfriado por Peltier	
RF power	1260 W	Extract 1	- 174 V
RF matching	1.82 V	Extract 1	- 125V
Sampling depth	6.1 mm	Einzel 1,2	- 102V
Torch horizontal	0.5 mm	Omega Bias	-50 V
Torch vertical	1.1 mm	AMU gain	132
Carrier gas	1.01 L/min	AMU offset	172
Peristaltic pump	0.11 rps	Discriminator	11.3 mV
S/C temperatura	2 °C	EM voltaje	- 1630 V
Integration time	Ti, V, Cr, Mn, Zn, Ba, Ce		0.5 sec/point
Integration time	Sc, Co, Rb, Sn, La, Eu, Gd, Dy, Er		3.0 sec/point
repetitions	4	IS correction	si (11 elementos)

En las tabla 8 y 9 se muestran los resultados obtenidos para el análisis de trazas en yesos modernos y muestras procedentes de la colección de vaciados de la Academia de Bellas Artes San Fernando de Madrid.

Tabla 8: Elementos traza encontrados en yeso

Element	Yeso crudo	± (n=4)	aguaplast	± (n=4)	HF 1A-1	± (n=4)	HF 1A-2	± (n=4)
Sc	37,70	6.38	43,27	13.28	108,33	2.81	115,44	3.16
Ti	15,52	1.65	23,75	2.41	97,23	8.71	171,34	38.56
V	327,01	40.78	50,63	4.23	323,70	22.14	399,49	22.25
Cr	175,02	23.82	52,50	6.61	110,95	20.47	67,47	12.52
Mn	8936,67	698	8119,95	582	18870,61	1407	16742,36	1023
Co	17,22	5.23	9,12	1.91	176,60	15.74	133,96	8.45
Zn	47,73	18.76	2180,75	97	17,10	14.81	0,00	.
Rb	7,93	1.86	348,71	28.45	1317,49	54.02	1423,43	20.78
Sn	28,33	2.37	0,00	-	0,00	-	0,00	-
Ba	2363,90	43.73	3118,78	93.88	6952,86	106.4	10549,05	617
La	565,92	2.01	144,00	7.6	220,12	10.26	609,20	50.26
Ce	380,34	3.80	426,73	18.90	741,49	27.21	1415,52	95.40
Eu	0	-	0	-	0	-	0	-
Gd	0	-	0	-	3,49	0.75	9,40	1.37
Dy	15,33	0.32	0	-	20,34	3.18	27,05	7.36
Er	17,50	0.47	0	-	5,21	2.19	9,53	5.56





Universidad Complutense de Madrid  
Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

Ciudad Universitaria  
28040 Madrid  
Tfno.: 91.394.41.46  
Fax.: 91.394.43.29  
E-mail: cdietz@quim.ucm.es

Todas las concentraciones están expresados en  $\mu\text{g}/\text{kg}$  yeso

Element	HF 1A-3	$\pm$ (n=4)	HF 1B-1	$\pm$ (n=4)	HF 1B-2	$\pm$ (n=4)	BM-3C	$\pm$ (n=4)
Sc	86,29	2.26	127,26	1.96	119,10	2.79	113,26	3.67
Ti	93,90	5.23	75,74	7.28	107,81	9.35	34,97	4.11
V	287,82	20.84	287,69	11.65	329,38	17.89	77,12	4.8
Cr	58,66	7.95	431,91	64.91	71,27	9.08	2,85	2.67
Mn	15924,98	822	20853,40	1033	19902,38	1204	26769,41	1362
Co	142,97	4.83	96,39	9.83	96,99	6.66	0,00	-
Zn	127,65	7.54	21814,25	408	17800,74	171	6207,32	61.45
Rb	921,02	35.83	614,56	25.5	731,61	9.66	206,57	12.37
Sn	0	-	0	-	0	-	0	-
Ba	6341,45	478	2768,86	53.44	6656,67	260	3334,22	232
La	179,37	27.89	161,49	4.07	272,80	22.26	10,19	8.14
Ce	643,96	66.33	661,90	11.32	836,71	41	278,91	8.61
Eu	0	-	0	-	0	-	0	-
Gd	0	-	7,48	0.75	7,86	0.63	0	-
Dy	15,53	2.98	29,00	2.34	27,81	2.04	0	-
Er	1,78	0.92	10,17	1.15	8,79	0.96	0	-

La sensibilidad, señal de óxidos y especies doblemente cargadas, fondo y resolución de masas fueron tuneados con disolución multielemental (10 ppb) para masas 7, 89 y 205.

### Conclusiones

Element	M1/M2	M2/HF	HFA/HF B	HF/BM	M/C
Sc	no	si	no	no	si
Ti	no	si	no	si	si
V	si	si <sup>1</sup>	no	si	si <sup>1</sup>
Cr	si	si	no <sup>2</sup>	si	si
Mn	no	si	si <sup>3</sup>	si	si
Co	no	si	si	si	si
Zn	si	si	si <sup>4</sup>	si	si
Rb	si	si	si	si	si
Sn	si	no <sup>5</sup>	no	no	no
Ba	si	si	no <sup>6</sup>	si	no
La	si	si <sup>7</sup>	no	si	no
Ce	no	si	no	si	no
Eu	no <sup>8</sup>	no	no	no	no
Gd	no	si	no	no	no
Dy	si	si	no	si	no
Er	si	si	no	si	no

#### Comments

- 1: distingue entre M2 y HF, no entre M1 y HF
- 2.: debido a RSD alto
- 3: [c] en el rango ppm, HFA/HFB posiblemente por deposición superficial
- 4:  $\Delta$  HF1 – HF2 muy alta, [c] ppm en M2, HF2 y BM
- 5: n.d.
- 6: variaciones altas en HF A y B, niveles ppm
- 7: HF 2 A escapado
- 8: debajo de LQ

#### Leyenda

- M1: yeso moderno crudo  
M2: yeso moderno aguaplast, cuajado  
HF1: Hércules Farnese, yeso peana  
HF2: Hércules Farnese, unión cintura  
BM: Baco Médico, capa inferior rotura brazo  
M/C: yeso moderno/yesos de la colección



**Universidad Complutense de Madrid**  
Centro de Asistencia a la Investigación

Arqueometría y Análisis Arqueológico

- Comparado con yesos naturales (Anexo, tabla A1), los yesos investigados se consideran muy limpios.
- Para poder cuantificar el contenido en elementos traza en las muestras, se requiere una cantidad alrededor de 300 mg.
- Las concentraciones medidas para Mn, Zn (ppm) y Co (ppb) en las muestras HF probablemente corresponden a deposiciones superficiales. Es decir existen zonas de "contaminación" superficial de la distribución elemental original.
- Debido a que una estratigrafía del material sería sumamente invasivo, se propone un estudio posterior del contenido en estos elementos (+ Pb, Fe) en las capas superficiales por XRF portátil, centrando el mapeo elemental a muestras procedentes del interior de los vaciados.
- Zn es el elemento más afectado por interferencias, lo que se traduce en una desviación estándar de las medidas relativamente alta.
- Con la excepción de Rb y Co, no se detectan diferencias estadísticamente significativas entre las muestras procedentes de diferentes zonas del vaciado de Hércules Farnese.
- 9/16 elementos permiten distinguir entre los yesos modernos investigados.
- 14/16 elementos permiten distinguir entre los yesos modernos y el yeso empleado en HF
- 11/16 elementos permiten distinguir entre los diferentes yesos empleados en los vaciados de la colección.

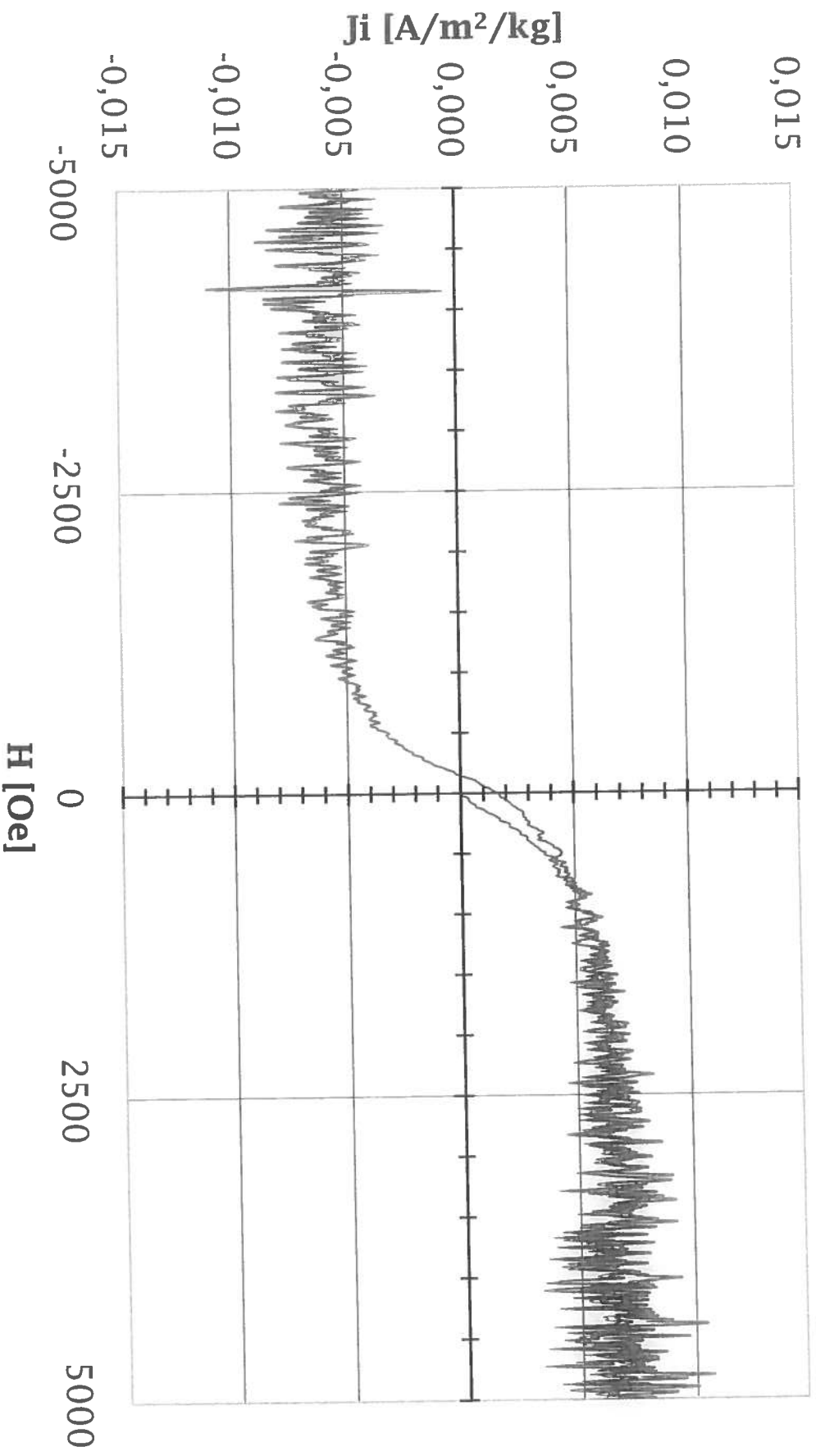
SEM - morfología → interpretación detalle → USIT  
EDX - capas pictóricas +  
clasificación y presencia impurezas +  
ID -  
ICP : fingerprint pattern +  
Históresis : ⊖

⑦

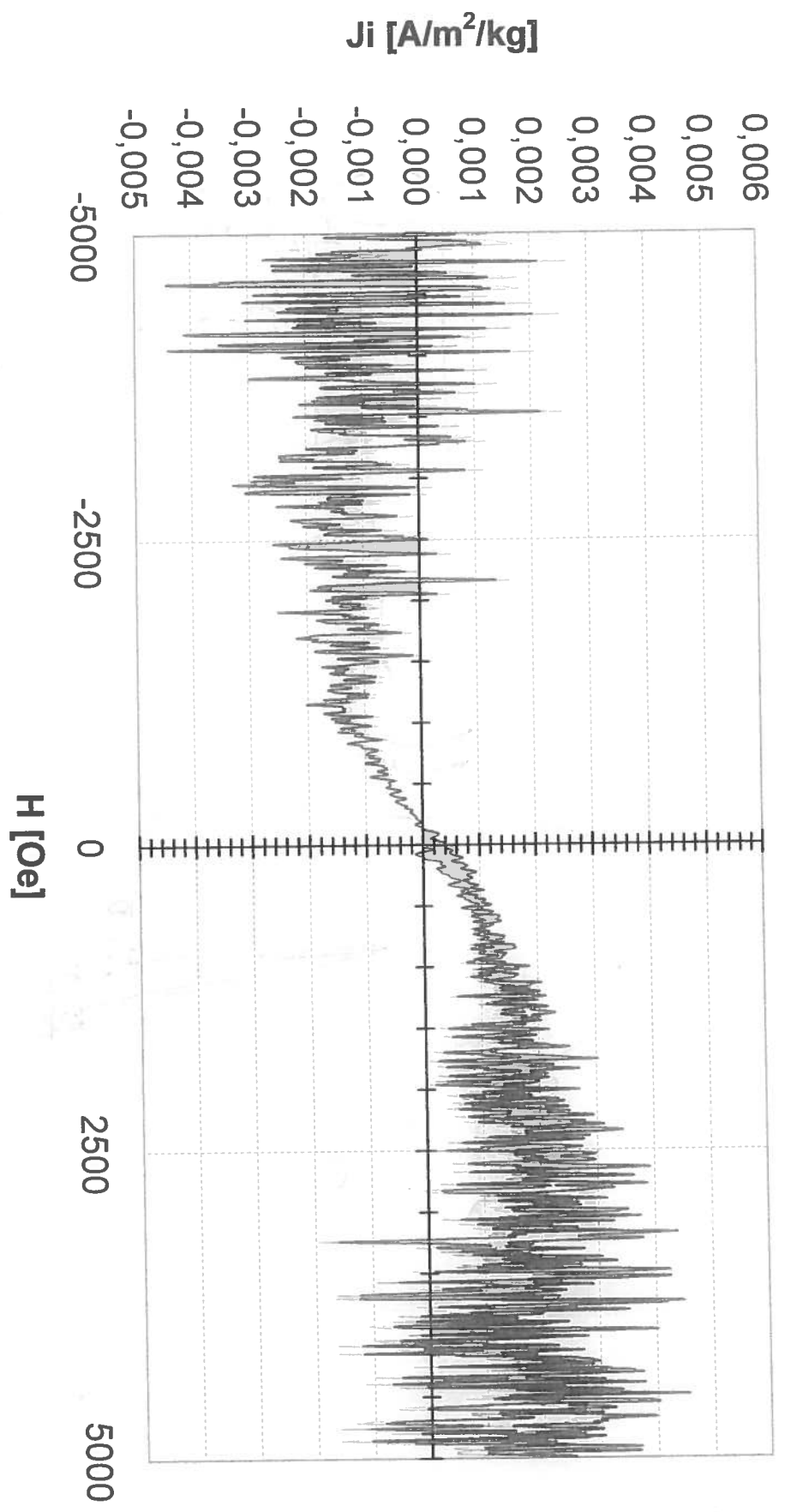
---

SEM : sputter C<sub>1</sub>, retrodispersivo  
SP : fusión oxalina Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>  
XED : CaCO<sub>3</sub> / α-SiO<sub>2</sub> / yeso / anhidrito / silicatos

## IAH - Curvas de histéresis



### 3c - Curvas de histéresis





Los datos de atribución, fecha y otros aspectos técnicos de la obra, que puedan haber sido modificados en el curso de la continua investigación de las colecciones, son los que figuraban en los archivos de la Academia en el momento de la intervención, cuya fecha aparece en el informe. Las eventuales discrepancias entre los registros publicados y los informes de restauración se deben a la incorporación continua de nuevos datos como resultado de sucesivos estudios.



Real Academia  
de Bellas Artes  
de San Fernando  
[rabasf.com](http://rabasf.com)