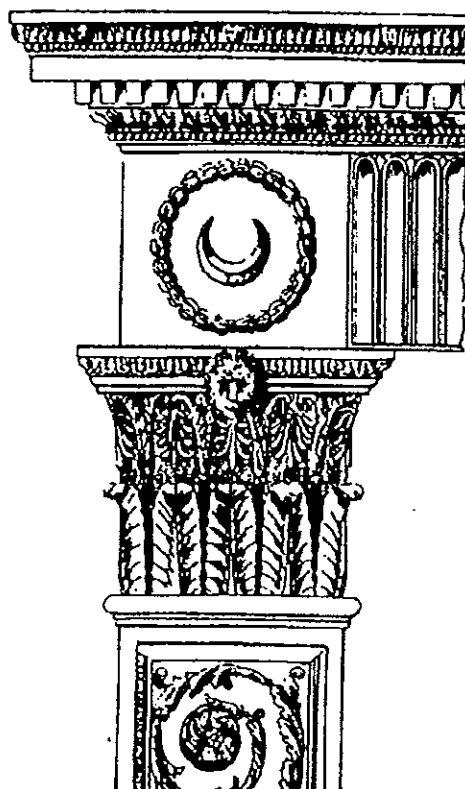




INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTORICO



CENTRO DE INTERVENCION

ESCULTURAS IBÉRICAS DEL MUSEO DE JAÉN

**Caracterización de Materiales y Evaluación de
Productos de Tratamiento**

DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS

Octubre 1.997



JUNTA DE ANDALUCIA
Consejería de Cultura



ESCULTURAS IBÉRICAS DEL MUSEO DE JAÉN

CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES Y EVALUACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE TRATAMIENTO

I. INTRODUCCIÓN

Antes de la intervención llevada a cabo sobre las esculturas de Porcuna y paralelamente a la misma, se han desarrollado una serie de determinaciones analíticas en el I.A.P.H. que han servido de apoyo en el proyecto de conservación de las mismas, ayudando a tomar ciertas determinaciones.

En éste informe se recogen los resultados sobre la caracterización de los materiales en los que están talladas las esculturas, de los posibles productos de alteración u originarios de la interacción con el sustrato con el que estuvieron en contacto durante su enterramiento, así como productos de carácter inorgánico aplicados en intervenciones anteriores. Este tipo de determinaciones básicas se han realizado sobre la práctica totalidad de las muestras extraídas y se han fundado básicamente en un estudio mineralógico y petrográfico de los materiales. Con esta caracterización se conoce la naturaleza de los materiales composicional y texturalmente, obteniéndose una información de los parámetros intrínsecos y extrínsecos que han podido o pueden incidir en su alterabilidad

Por otro lado, el estado superficial que presenta la piedra de las esculturas requiere la aplicación de un producto protector en la superficie, por ello antes de aplicarlo se han realizado una serie de determinaciones, con probetas de ensayo, para la evaluación de distintos productos de conservación en distintas concentraciones. Las determinaciones realizadas en éste sentido han sido fundamentalmente de carácter petrofísico, valorándose las propiedades que podrían inferir sobre la durabilidad del material y su variación estética antes y después de los tratamientos. Conocidos estos parámetros se podrán recomendar las medidas oportunas para su conservación.



II. MATERIAL ESTUDIADO. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS.

Los materiales estudiados corresponden a muestras de piedra extraídas de cada una de las esculturas, a concreciones o depósitos superficiales que existían en ciertas zonas de algunas esculturas, a productos de alteración y a restos de mortero o escayola procedentes de intervenciones anteriores.

En total se han analizado un número de 13 muestras de éstos tipos, la cuales se describen a continuación agrupadas para cada escultura:

Jinete Desmontado atacando a Enemigo. Torso de Enemigo caído. Basa

EP1: Concreción con aspecto terroso obtenida de la parte trasera.

EP2: Pátina anaranjada obtenida de la parte trasera de la escultura.

EP3: Fragmento de piedra de la escultura.

EP4: Escayola de una intervención anterior.

EP5: Piedra del torso del Enemigo caído.

Guerrero con Caetra

EP6: Fragmento de piedra de la escultura.

EP7: Concreción encontrada en la superficie.

Griphomaquia

EP8: Fragmento de piedra de la escultura.

Leona con Palmeta

EP9: Piedra de la escultura. Posible tratamiento anterior con Paraloid.



Carnicero atacando a Cordero

EP10: Piedra de la escultura.

Guerrero de la doble Armadura

EP11: Fragmento de piedra.

Guerrero de la Espada Larga

EP12: Muestra de piedra de la escultura.

EP13: Mortero de reparación obtenido de una reproducción. Esta muestra no corresponde a ninguna de las esculturas anteriores.

La evaluación de los tratamientos y determinación de las propiedades físicas de las rocas no se pueden realizar en su mayoría sobre las propias esculturas dado su carácter destructivo y porqué además se requiere gran volumen de material. Por ello, para éstas determinaciones se envió desde el Museo de Jaén al I.A.P.H. fragmentos de piedra (posiblemente de otras esculturas) encontradas en el mismo lugar de enterramiento dónde se hallaron las esculturas. Tras el afianzamiento mediante el análisis mineralógico y petrográfico de que se trataba del mismo material se procedió a cortar dichos fragmentos en probetas de ensayo con las que se han realizado los distintos ensayos petrofísicos y de evaluación de tratamientos.



III. TÉCNICAS ANALÍTICAS Y MÉTODOS DE ENSAYO.

Difracción de Rayos X (DRX).

La DRX es una técnica muy útil en el diagnóstico y cuantificación de las fases minerales presentes en cualquier compuesto cristalino y los resultados que se obtienen con la misma son bastante fiables.

El difractómetro de polvo es la técnica de Difracción de Rayos X más ampliamente utilizada. Básicamente consiste en un portamuestras donde se extiende la muestra (aproximadamente 0,5 grs) molida y compactada, que gira sobre un eje y sobre la cual va a incidir un haz de Rayos X. Las reflexiones de difracción se registran en un *Diagrama de Difracción*, donde se identifican los picos de cada mineral. Conocidos los poderes reflectantes de cada mineral se puede realizar un análisis semicuantitativo con un error estimado del $\pm 5\%$.

Esta técnica se ha aplicado sobre todas las muestras para determinar de forma cualitativa y semicuantitativa la composición mineralógica y química.

Microscopía Óptica de Luz Transmitida Polarizada.

Éste es el método más comúnmente utilizado y el más versátil en el reconocimiento de minerales y rocas a través de sus propiedades ópticas. Además de permitir identificar minerales mayoritarios y minoritarios (no detectados con DRX) mediante sus propiedades ópticas, permite realizar un *estudio petrográfico textural*, analizando en detalle la naturaleza de los elementos que constituyen el material (cristales, asociaciones particulares de granos minerales, áridos, aglomerante, poros, fisuras, etc), las formas y tamaños (absolutos y relativos) de dichos elementos, las relaciones mutuas entre ellos y sus abundancias relativas.

Para la observación de los materiales con ésta técnica se requiere que las muestras sean lo suficientemente delgadas para permitir el paso de la luz con un grado de absorción mínimo. Por ello, éstos se cortan y se preparan mediante procedimientos de abrasión "láminas delgadas" con un espesor estándar de 30 μm para el cual casi todos los minerales son transparentes.



En nuestro caso la utilización de la técnica ha sido de especial interés en el estudio petrográfico de los materiales pétreos, ayudando a clasificar sistemáticamente la roca, en el estudio de las características y evolución del sistema poroso y en la identificación y localización de fases salinas u óxidos formadas durante los procesos de alteración.

Aplicación de tratamientos de Conservación y Control de Secado de los mismos.

Una vez caracterizados petrográficamente los materiales se procedió a seleccionar los tratamientos más adecuados a priori, con objeto de proceder a su evaluación en el laboratorio previamente a su aplicación.

Dado que el problema principal que presentan las esculturas es de ~~de~~cohesión superficial, se decidió ensayar con un producto consolidante y a su vez hidrofugante: Paraloid B72 (P) (Copolimero de etilmetacrito y metilacrilato), el cual se ha aplicado con dos disolventes, cada uno con dos concentraciones del producto activo, para evaluar las posibles diferencias de penetración y variación de las propiedades de la roca. Por lo tanto, en total se han estudiado 4 tratamientos diferentes:

Tratamiento	Siglas
Paraloid+Xileno (10%)	P+X10
Paraloid+Xileno (5%)	P+X5
Paraloid+Acetona (10%)	P+A10
Paraloid+Acetona (5%)	P+A5

Para la aplicación de los tratamientos se han cortado probetas de ensayo, que no han podido ser las estandarizadas por no disponer de suficiente material. La aplicación de los tratamientos se ha realizado con el mismo método con el que luego se le aplicarían a las esculturas, mediante brocha

Tras la impregnación se ha controlado la evolución de peso de las probetas hasta



el completo secado de los tratamientos y total migración del disolvente, mediante pesadas a intervalos regulares de tiempo hasta alcanzar pesadas constantes. Este método nos indica el tiempo que tardan en secar y la cantidad de materia activa que queda en las probetas tras el secado.

Determinación Colorimétrica

La aplicación de los tratamientos puede inferir un cambio de color a la piedra que difiera del original de la misma. Este cambio se ha cuantificado mediante la "Munsell Soil Colour Chart". La medida del color se ha realizado tanto sobre las probetas tratadas como las sin tratar.

Dureza superficial

La dureza superficial mide la resistencia que opone un material a ser penetrado por un cuerpo más duro. La dureza de las probetas tratadas y sin tratar se ha medido con un durómetro tipo Brinell, empleando una bola de 5 mm, aplicando una precarga de 10 Kg y una carga total de 30 Kg. El valor de la dureza se determina como función inversa de la diferencia entre la penetración de la bola con la carga de 30 Kg y con la carga de 10 Kg. Aunque éste ensayo no tiene mucha relevancia cuantitativa, sí la tiene cualitativamente ya que se obtiene una idea de la dureza que confiere los tratamientos a la piedra, mediante comparación con las probetas sin tratar.

Análisis del Sistema Poroso.

Uno de los parámetros intrínsecos de mayor importancia en la petrofísica de los materiales de construcción, lo constituyen los *espacios vacíos o sistema poroso* de las mismas.

Las técnicas de estudio del sistema poroso se dividen en dos grupos: *Directas e Indirectas*.

Las *Directas* son aquellas que permiten observar el espacio vacío de las rocas de



forma directa. De estas se ha utilizado la microscopía óptica en el estudio de las piedras de las esculturas.

De forma *Indirecta*, existen numerosas técnicas y métodos de análisis que permiten obtener en base a las propiedades fisicoquímicas de un determinado fluido, información del sistema poroso. De todas ellas las más usuales son: *Saturación de agua en vacío* y la *Porosimetría de Hg*.

El ensayo de ***Saturación de Agua en Vacío*** se ha realizado para conocer la *porosidad eficaz* (n_o) o accesible al agua de los materiales. Este método básicamente consiste en saturar de agua las probetas mediante vacío y pesarlas (M_s), permitiendo el cálculo de la porosidad realizando la pesada hidrostática de las probetas saturadas (M_h) y el peso seco de las mismas (M_o). Conocidos éstos parámetros la porosidad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$n_o (\%) = \frac{M_s - M_o}{M_s - M_h} \times 100$$

También se puede calcular la densidad aparente (D_{ap}), mediante la expresión:

$$D_{ap} = \frac{M_o}{M_s - M_h} \times 100$$

Estas determinaciones se han realizado antes y después de aplicar los tratamientos para ver como varían.

La ***Porosimetría de Inyección de Hg*** es una técnica basada en los fenómenos de capilaridad de un líquido como el Hg que no moja a los sólidos con los que está en contacto. Se ha demostrado experimentalmente que el Hg no penetra espontáneamente en los conductos capilares de las rocas, precisando una presión "P" para su introducción en los mismos. La presión que requiere será inversamente proporcional al radio "r" de poro por el que tiene que penetrar.



Con éste ensayo se obtiene la curva porométrica de los materiales, es decir la distribución en porcentajes según tamaños de radio de poros. Además se obtiene información sobre la porosidad (microporosidad) no detectable con otras técnicas, además de poderla cuantificar por rangos de tamaños. También permite obtener otros parámetros del sistema poroso, como Porosidad accesible al Hg, que normalmente es menor que la accesible al agua ya que el rango de porosidad óptimo en ésta técnica está entre $7.5 \mu\text{m}$ y $0.001 \mu\text{m}$ de radio de poro, por lo que pueden quedar poros de mayor o menor tamaño que no se cuantifican.

La aplicación de la Porosimetría de Hg en éste estudio ha sido el conocimiento de la porometría de las probetas tratadas y las sin tratar; además de una muestra de una escultura. Esta aplicación es de especial interés ya que los tratamientos pueden producir un taponamiento o una disminución del radio de poro por impregnación del producto, pudiendo hacer al material más alterable. La durabilidad está muy condicionada por la porosidad y especialmente por la distribución de tamaño de poros. Se ha demostrado que aquellos materiales con altas proporciones en poros de radio $<5\mu\text{m}$ son los menos durables, desconsiderando otros factores.

Propiedades Hídricas: Ensayos Hídricos

Dentro de los parámetros intrínsecos que inciden en la durabilidad de las rocas será de suma importancia el conocimiento de las propiedades hídricas. Los procesos de degradación de los materiales están casi siempre relacionados con el agua, por ello será de gran importancia caracterizar y cuantificar las propiedades relacionadas con la dinámica del agua en el seno de los materiales, ya que esto permitirá evaluar el grado de alteración alcanzado y predecir el comportamiento futuro de los materiales utilizados, así como la variación de dicha dinámica con los distintos tratamientos que se le puedan aplicar en la intervención.

De forma habitual, los ensayos se realizan sobre probetas con formas geométricas (cubos, cilindros o paralelepídeos). Como norma general en todos los ensayos se controla la variación del contenido en agua de las probetas respecto al tiempo, realizando pesadas sucesivas cada ciertos intervalos de tiempo.

El ensayo hídrico realizado en éste caso ha sido el de *Desorción de agua*:



secado, que determina la velocidad de secado por evaporación de las probetas una vez saturadas. Se ha prescindido de realizar los ensayos de inmersión y succión capilar ya que las esculturas a priori no van sufrir éstos fenómenos. Se considera oportuno, pues, realizar el ensayo de desorción, que de forma indirecta determina el tiempo que permanece el agua en el interior de las probetas sin evaporarse y además la dinámica de la evaporación. Este ensayo si puede ser significativo ya que las esculturas pueden captar la humedad ambiental. De igual modo sería conveniente realizar el ensayo de permeabilidad al vapor de agua, pero ha sido imposible por indisponibilidad del dispositivo adecuado

El ensayo de Desorción básicamente consiste en saturar las probetas de agua y posteriormente dejarlas secar en el laboratorio a temperatura y humedad relativa constantes. Las probetas son pesadas a intervalos de tiempo regulares y posteriormente se determina la pérdida de peso de agua respecto al tiempo. Los datos se llevan a un gráfico obteniendo se la curva de desorción, donde se representa la pérdida de peso respecto al tiempo.

El ensayo se ha realizado sobre las probetas tratadas y sin tratar.

IV. RESULTADOS

1. Difracción de Rayos X.

Los resultados obtenidos con ésta técnica se recogen en las siguientes tablas, agrupados por tipos de materiales. En las tablas viene recogida la composición mineralógica-química expresada en % (semicuantitativamente; error posible $\pm 5\%$)

Piedra

Tabla 1. Composición Mineralógica de muestras de piedra.

	Cuarzo (SiO_2)	Calcita (CaCO_3)	Filosilicatos	Feldespatos
EP3	<5	93	<5	
EP5	<5	95	<5	
EP6	<5	95	<5	
EP8	<5	93	<5	
EP9	5	93	<5	
EP10	<5	94	<5	
EP11	<5	95	<5	
EP12	<5	91		6

Filosilicatos: Silicatos con Al, Fe, Mg, Ca. Feldespatos: tectosilicatos de K, Na, Ca

Como se observa todas las muestras de piedra tienen igual composición mineralógica, excepto la EP12, que presenta feldespatos. Probablemente será debido a un enriquecimiento en ese mineral en la zona de extracción de la muestra, ya que el estudio al microscopio óptico indica de que se trata del mismo material que las otras.

Con éstos resultados se concluye que todas las rocas son carbonatadas compuestas básicamente por calcita, poseyendo minerales minoritarios (terrígenos, procedentes de fuera de la cuenca de sedimentación) que son prioritariamente cuarzo y filosilicatos, o menos abundantes los feldespatos



Concreciones y pátinas

Tabla 2. Composición Mineralógica de concreciones y pátinas.

	Cuarzo (SiO_2)	Calcita (CaCO_3)	Filosilicatos	Óxidos
EP1	<5	90	5	
EP2	10	66	<5	21
EP7	<5	90	5	

Filosilicatos: Silicatos con Al, Fe, Mg, Ca. **Óxidos:** óxidos y oxihidróxidos de Fe.

La composición de las dos concreciones es la misma, y además es prácticamente la misma que la de la piedra. Estas son concreciones carbonatadas formadas por disolución de la calcita interior y posterior reprecipitación en superficie. Es de destacar el enriquecimiento en filosilicatos (minerales arcillosos) que probablemente provengan del propio sustrato de enterramiento. El cuarzo aparece en cantidades menores al de la piedra, ya que éste no migra a superficie, y el detectado procede de la propia piedra.

La pátina estudiada tiene una composición bien distinta a las anteriores; posee un alto contenido en óxidos y oxihidróxidos que le confieren el color anaranjado a la pátina, siendo su origen más probable el contacto con algún metal de la piedra que haya lixiviado y formado la pátina.

Materiales de intervenciones anteriores

Tabla 3. Composición Mineralógica de mortero y escayola.

	Cuarzo (SiO_2)	Calcita (CaCO_3)	Yeso ($\text{SO}_4\text{Ca}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
EP4			100
EP13	5	95	

La composición de la escayola es de yeso en su totalidad.

El mortero de reparación analizado es mixto entre compuestos inorgánicos y orgánicos. Mediante DRX no se pueden identificar las sustancias orgánicas, pero probablemente correspondan a resinas con silicatos etílicos.



La fracción inorgánica se compone de calcita (cal) y cuarzo (árido).

2. Microscopía óptica

Antes del estudio microscópico se realizó un análisis visual de las piedras de las esculturas. Todas ellas presentan un color beige claro, casi blanco, una estructura macróscopica homogénea, textura bioclástica, tamaño medio de grano fino (<1mm) y equigranular. No se ha detectado presencia de fisuras naturales.

Posteriormente se prepararon láminas delgadas de todas las muestras de piedra extraídas (ocho en total), para su análisis petrográfico-mineralógico y para comprobar que todas ellas se han tallado sobre el mismo material.

Tras su observación al microscopio petrográfico se ha concluido que todas ellas corresponden al mismo litotipo (calcarenítico), con determinadas particularidades en ciertos casos, lógicas al tratarse de un material natural.

Su mineralogía fundamental es calcita (90-95%) y cuarzo en escasa abundancia, como apuntaban los resultados de DRX. También se han podido identificar en algunos casos minerales no detectados mediante DRX, como yeso, rellenando algunos poros, y óxidos de Fe (Hematites) en escasa abundancia pero presentes en todas las muestras.

El carbonato cálcico corresponde casi en su totalidad (85%) a los componentes *aloquímicos* que constituyen prácticamente todo el entramado sólido de la roca. Estos se constituyen en un 85% de globigerinas y el resto por otros foraminíferos plantónicos, miliólidos, nummulites, radiolarios, fragmentos de lamelibranquios, etc, mucho menos abundantes y todos ellos de edad Terciaria. El resto del carbonato forma parte de los *ortoquímicos* de la roca con una matriz micrítica que es bastante escasa (5-10%) y cemento carbonatado más escaso aún. Los *terrígenos* en la roca son muy poco abundantes y se componen de cuarzo y óxidos de Fe; en algunos casos feldespato.

La granulometría de los aloquímicos y terrígenos es de tipo arenita media-fina.



La porosidad de las rocas es bastante elevada, estando dentro del grupo de rocas de *alta porosidad* (>20%). Morfológicamente la porosidad es de tipo *intergranular* (la existente entre los clastos), *intragranular* (la existente dentro de los bioclásticos) y *móldica* (cuando sólo queda el molde del bioclasto). Los dos últimos tipos son muy comunes en las globigerinas, las cuales han disuelto parcial o totalmente sus partes esqueléticas, favoreciendo la circulación de fluidos. Además las paredes de los moldes son tan finas que fácilmente también se disuelven parcial o totalmente aumentando de forma considerable la porosidad intercomunicada. Todo ello favorece el que la roca sea fácilmente alterable en medios húmedos, donde los fluidos pueden circular libremente e incluso aumentar la porosidad por la disolución continua de las paredes de las cámaras de las globigerinas y del escaso cemento y matriz, mermando todas las propiedades físicas de la roca, por pérdida de materia. Estos fenómenos se han observado de forma acentuada hacia las zonas externas de la piedra. En algunos casos en la parte externa se ha formado una costra endurecida del carbonato cálcico exhalado.

En algunos poros de ciertas muestras se han observado cristales de yeso, que probablemente sea inherente de la piedra, que ha migrado y cristalizado en los espacios vacíos.

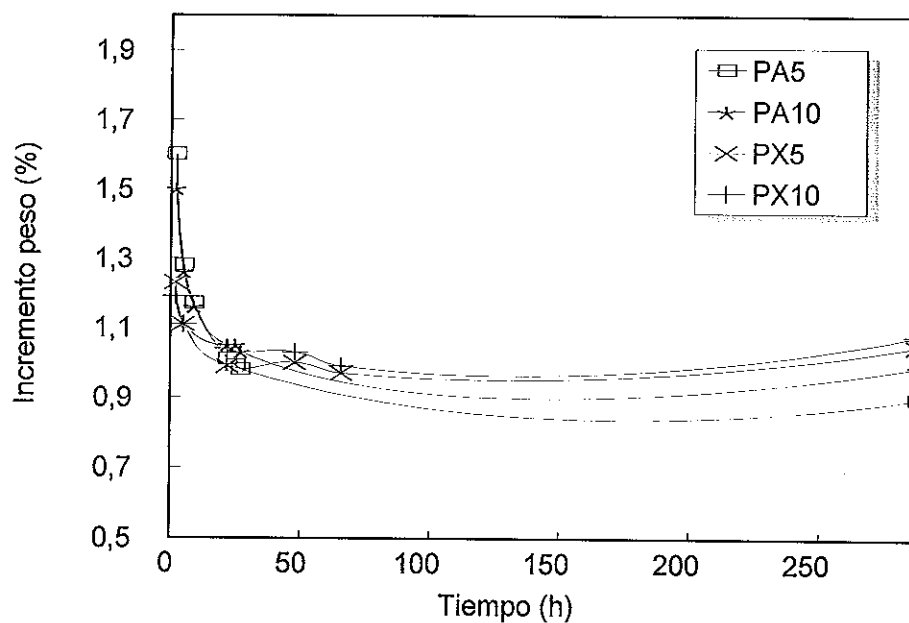
3. Control del Secado de los Tratamientos de Conservación.

Tras la impregnación se ha controlado la evolución de peso de las probetas hasta el completo secado de los tratamientos y total migración del disolvente, mediante pesadas a intervalos regulares de tiempo hasta alcanzar pesadas constantes. Los incrementos de peso experimentados por las probetas al final son proporcionales a los contenidos de materia activa de los tratamientos

En la Tabla 4 (página 15) se recogen la evolución de los incrementos de peso de cada probeta, su incremento final (cuando la pesada se hizo constante: 288 horas), la evolución media por tipo de tratamiento y el incremento medio final por tratamiento (288 horas). Todo ello expresado en % respecto a los pesos iniciales.

En la Figura 1 aparecen las curvas de evolución de peso medio por tratamiento durante el secado.

Figura 1. Evolución peso tratamientos



Como se observa la evolución del peso es muy parecida en todos los casos. La ganancia de peso al final del secado es también muy similar en todos los tratamientos existiendo un leve incremento en los tratados con Xileno.



Tabla 4. Evolución del secado de los tratamientos (%) respecto al tiempo (horas)

	2h	5h	9h	21h	25h	27h	288h
P+A10%							
4	1,05	0,93	0,90	0,87	0,86	0,86	0,85
9	1,35	1,22	1,17	1,14	1,14	1,12	1,14
14	1,51	1,22	1,10	0,98	0,98	0,95	0,88
18	1,78	1,40	1,23	1,03	1,05	1,03	0,99
29	1,38	1,15	1,06	0,96	0,95	0,94	0,86
32	1,91	1,65	1,51	1,34	1,31	1,28	1,20
P+A5%							
2	1,45	1,18	1,05	0,93	0,90	0,89	0,84
5	1,25	1,10	1,06	1,03	1,03	1,03	1,05
13	1,47	1,26	1,18	1,07	1,05	1,03	0,98
17	1,68	1,37	1,22	1,02	0,99	0,98	0,85
19	1,67	1,06	1,08	0,91	0,87	0,87	0,72
30	2,09	1,68	1,43	1,12	1,10	1,06	0,96
	2h	5h	22h	9h	48h	66h	288h
P+X10%							
1	1,24	1,17	1,07	1,01	1,04	1,04	1,10
6	1,11	1,05	0,97	0,92	0,94	0,93	0,98
11	1,14	1,10	1,07	1,02	1,04	1,04	1,09
21	1,30	1,16	1,10	0,63	1,12	1,06	1,16
23	1,14	1,06	0,98	0,94	0,97	0,86	1,02
25	1,23	1,12	1,06	1,00	1,04	0,98	1,11
P+X5%							
3	0,98	0,94	0,91	0,85	0,92	0,88	0,98
7	1,06	0,99	0,92	0,87	0,91	0,89	0,96
15	1,22	1,10	1,00	0,93	1,01	0,96	1,06
16	1,46	1,28	1,06	0,96	1,06	1,03	1,11
27	1,30	1,17	1,06	0,98	1,07	1,15	1,13
28	1,35	1,19	1,03	0,96	1,06	0,91	1,09
Valores medios por tratamiento							
PA10	1,50	1,26	1,16	1,05	1,05	1,03	0,99
PA5	1,60	1,28	1,17	1,01	0,99	0,98	0,90
PX10	1,19	1,11	1,04	0,92	1,03	0,99	1,08
PX5	1,23	1,11	0,99	0,93	1,00	0,97	1,05



4. Determinación Colorimétrica.

Los resultados obtenidos tras la medida con la "Munsell Soil Colour Chart" se recogen en la Tabla 5. En ningún caso existen variaciones del color importantes; no obstante el tratamiento que menos modificación produce respecto al de la piedra en corte fresco (que es el de referencia de las probetas sin tratar) es el P+A5, sin embargo cualquiera de ellos sería admisible.

Tabla 5. Colorimetría " Munsell Soil Colour Chart"

	Parámetros	Color
Sin tratar	HUE 2,5Y/8/2	WHITE
P+X10	HUE 5Y/7/3	PALE YELLOW
P+X5	HUE 5Y/8/3	PALE YELLOW
P+A10	HUE 5Y/7/3	PALE YELLOW
P+A5	HUE 5Y/8/2	WHITE

5. Dureza Superficial.

El ensayo se ha realizado sobre tres probetas de cada tratamiento y sobre tres probetas sin tratar. En total se han realizado 30 medidas sobre cada probeta, 10 medidas en cada una de las tres caras que confluyen en un vértice.

Dado que la roca se caracteriza por su inhomogeneidad superficial microscópica, y la medida de la dureza se realiza de forma puntual (mediante un punzón que acaba en una bola de 5 mm), los valores pueden variar notablemente dependiendo si el punzón incide en una zona sólida o en una zona porosa. Por ello, el rango de valores obtenidos es bastante amplio (de 50 a 90) en todos los casos. Considerando esto, se han excluido los valores más dispares de cada probeta y se han calculado los valores medios para cada grupo de probetas

En la Tabla 6 se recogen los valores medios absolutos de Dureza Superficial

obtenidos para cada tratamiento, y el Incremento de dureza medio expresado en % que supone cada tratamiento respecto a las rocas sin tratar.

En las Figuras 2 y 3 se han representado dichos valores en diagramas de barras.

Tabla 6. Dureza Superficial

	Valor Medio	Incremento (%)
Sin tratar	53.52	
P+X10	59.58	10.17
P+X5	55.79	4.07
P+A10	66.51	19.53
P+A5	57.78	7.97

Figura 2. Valores Absolutos de Dureza Superficial

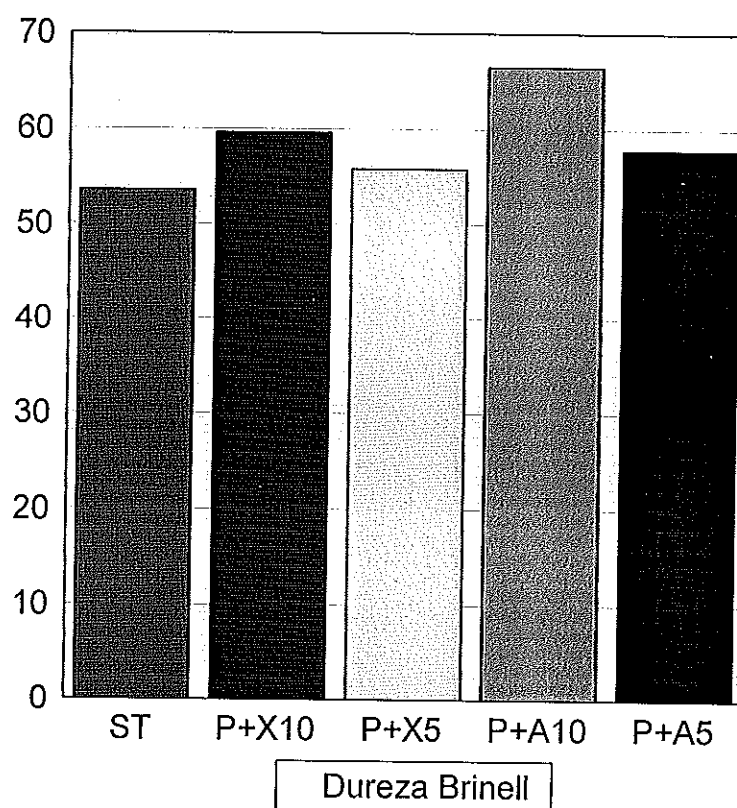
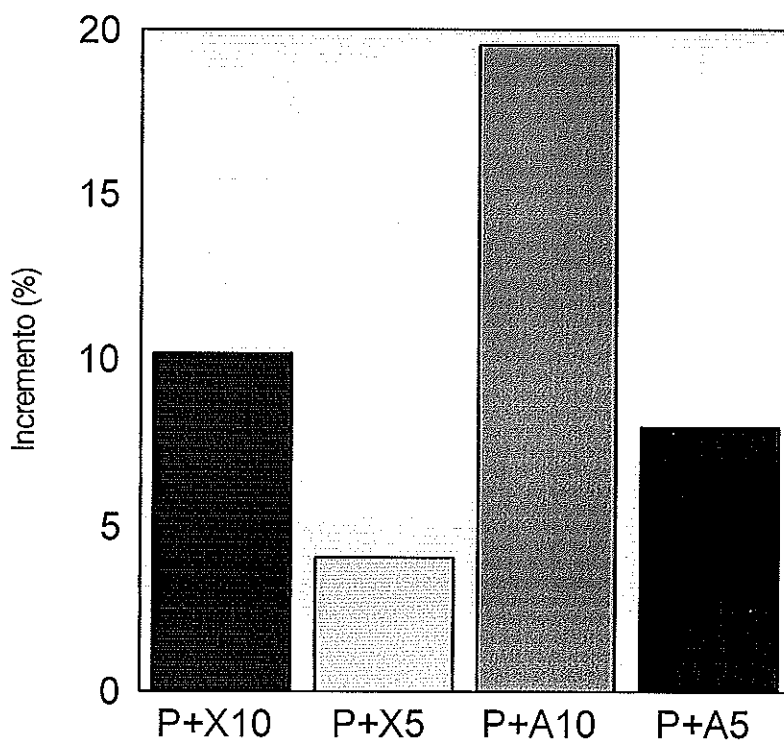


Figura 3. Incremento de Dureza por Tratamiento.



6. Ensayo de Saturación al Vacío. Porosidad accesible al Agua.

El ensayo se ha realizado sobre todas las probetas cortadas. En el caso de las probetas tratadas el ensayo se realizó antes y después de los tratamientos

Los resultados obtenidos antes y después de los tratamientos se recogen en la Tabla 7 (página 19), donde M_o es el peso seco de cada probeta, M_s es el peso saturado, M_h la pesada hidrostática, n_o es la porosidad de cada probeta accesible al agua o eficaz expresada en %, D_{ap} es la densidad aparente de cada probeta, y Δn es la disminución de porosidad en el caso de las probetas tratadas expresado en %. En la última fila aparecen los valores medios de porosidad y densidad aparente de las probetas antes del tratamiento.



Tabla 7. Resultados del ensayo de Saturación al vacío. Porosidad y Densidad Apparente.

	Antes del tratamiento					Tras el tratamiento				
	Mo	Ms	Mh	n_o %	D_{ap}	Mo	Ms	Mh	n_o %	$\Delta n\%$
1 _{X10}	105,28	131,42	66,31	40,15	1,61	104,47	129,71	65,71	39,44	1,77
2 _{A5}	109,56	132,84	69,07	36,51	1,80	109,63	132,46	69,01	35,98	1,44
3 _{X5}	97,11	118,39	61,24	37,24	1,69	97,16	117,96	61,15	36,61	1,67
4 _{A10}	207,72	250,52	131,02	35,82	1,73	207,89	249,98	130,94	35,36	1,28
5 _{A5}	213,34	257,78	134,61	36,08	1,73	213,58	257,27	134,50	35,59	1,37
6 _{X10}	202,66	244,90	127,69	36,04	1,72	202,87	244,43	127,78	35,63	1,14
7 _{X5}	203,92	247,30	128,65	36,56	1,87	204,04	246,62	128,58	36,07	1,34
8	217,99	261,70	137,43	35,17	1,75					
9 _{A10}	198,02	236,87	124,96	34,72	1,76	198,37	236,91	124,85	34,39	0,93
11 _{X10}	156,25	182,67	98,56	31,41	1,85	156,40	182,15	98,53	30,79	1,96
12	113,40	138,77	71,48	37,70	1,68					
13 _{A5}	125,76	151,54	79,34	35,71	1,74	125,87	150,93	79,28	34,98	2,05
14 _{A10}	128,53	152,25	81,10	33,34	1,80	128,45	151,38	80,91	32,54	2,40
15 _{X5}	123,36	152,83	77,78	39,27	1,64	123,45	152,42	77,74	38,79	1,21
16 _{X5}	79,50	96,86	50,10	37,13	1,70	79,60	96,59	50,03	36,49	1,71
17 _{A5}	84,43	102,13	53,20	36,17	1,72	84,50	101,87	53,15	35,65	1,44
18 _{A10}	54,37	66,08	34,29	36,84	1,71	51,30	62,03	32,21	35,98	2,32
19 _{A5}	53,86	65,01	33,93	35,88	1,73	52,37	62,98	32,91	35,28	1,65
20	32,96	40,44	20,74	37,97	1,67					
21 _{X10}	50,90	60,41	32,05	33,53	1,79	48,22	57,01	30,37	33,00	1,60
22	78,60	95,16	49,51	36,28	1,72					
23 _{X10}	89,40	108,00	56,36	36,02	1,73	89,52	107,60	56,36	35,28	2,04
24	76,09	91,78	47,97	35,81	1,73					
25 _{X10}	65,16	78,87	41,07	36,27	1,72	65,24	78,28	41,04	35,02	3,46
26	95,22	115,00	59,90	35,90	1,72					
27 _{X5}	74,60	88,88	47,04	34,13	1,78	74,69	88,41	47,05	33,17	2,81
28 _{X5}	61,32	73,04	38,66	34,09	1,78	57,65	68,35	36,33	33,42	1,97
29 _{X10}	70,54	85,83	44,48	36,98	1,70	70,61	85,44	44,44	36,17	2,18
30 _{A5}	69,82	84,14	44,01	35,68	1,73	69,87	83,64	44,00	34,74	2,65
31	54,09	65,60	34,12	36,56	1,71					
32 _{A10}	71,62	87,17	45,19	37,04	1,70	71,78	86,75	45,12	35,96	2,92
MEDIA				36,06	1,72					

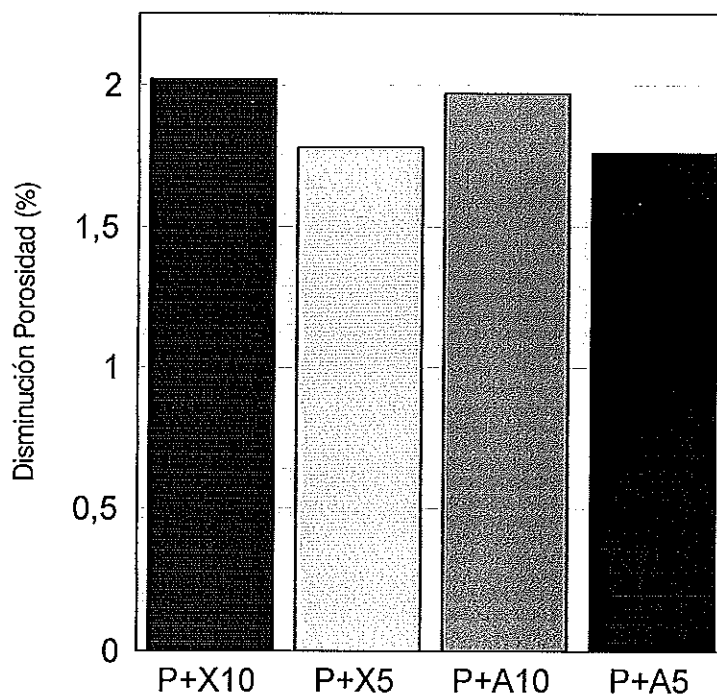
En la Tabla 8 aparecen los valores medios de la disminución de la porosidad de las probetas por tipo de tratamiento. Estos valores se han llevado a un gráfico que aparece en la figura 4.

Tabla 8. Disminución Porosidad por Tratamiento.

Tratamiento	Disminución n_p (%)
P+X10	2,02%
P+X5	1,78%
P+A10	1,97%
P+A5	1,76%

La porosidad disminuye prácticamente en todos los tratamientos de igual forma.

Figura 4. Disminución de Porosidad.





7. Porosimetría de Hg.

Tras el tratamiento de las probetas se tomaron muestras representativas de cada tratamiento y se realizó la porosimetría de cada una de ellas y de las muestras sin tratar. Con ésta técnica se ha obtenido la curva porométrica de cada muestra tanto la "*acumulada*" que indica a que tamaños de poros se va produciendo la intrusión de Hg hasta el final del ensayo, como la curva "*no acumulada*", más significativa, que indica el porcentaje de poros existentes de cada rango de tamaño. Los límites más aceptables de los poros detectables con ésta técnica está entre $7.5\ \mu\text{m}$ y $0.001\ \mu\text{m}$ de radio de poro. Por ello se puede observar si existen variaciones significativas en las porosimetría de muestras tratadas respecto a las sin tratar. Además se está estudiando el rango de tamaño de poros que más problemas puede presentar respecto a la durabilidad del material.

Las curvas porométricas de la muestra sin tratar se recogen en las figuras 5 y 6.

En las figuras 5 y 6 se muestran las curvas porométricas de los materiales sin tratar.

Figura 5. Muestra Sin Tratar. Curva Acumulada

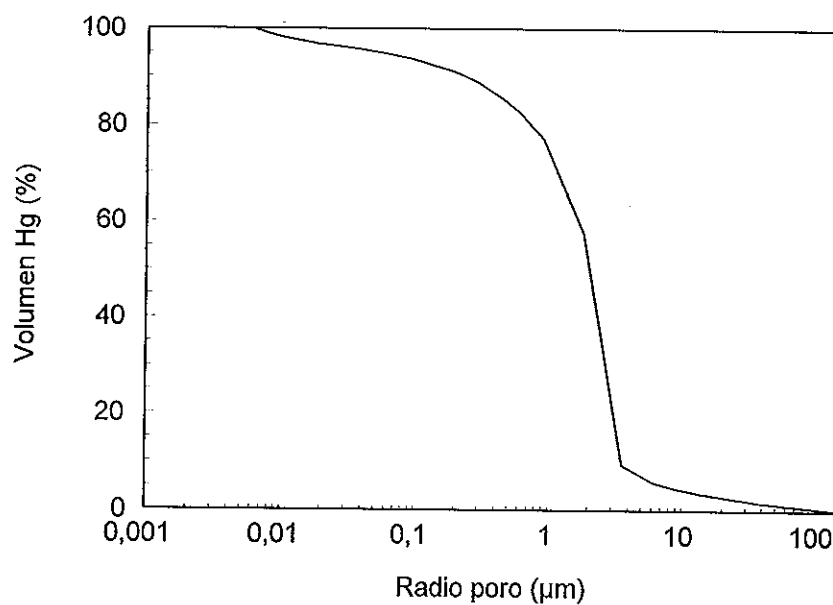
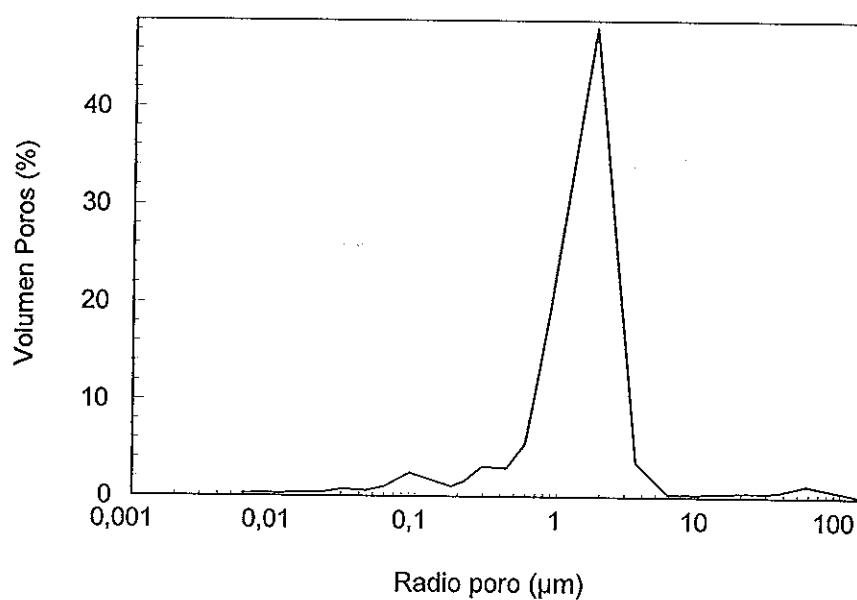


Figura 6. Muestra Sin Tratar. Curva No Acumulada



En las figuras 7 y 8 se muestran las curvas porométricas de las muestras de los tratamientos EPX10.

Figura 7. EPX10. Curva Acumulada

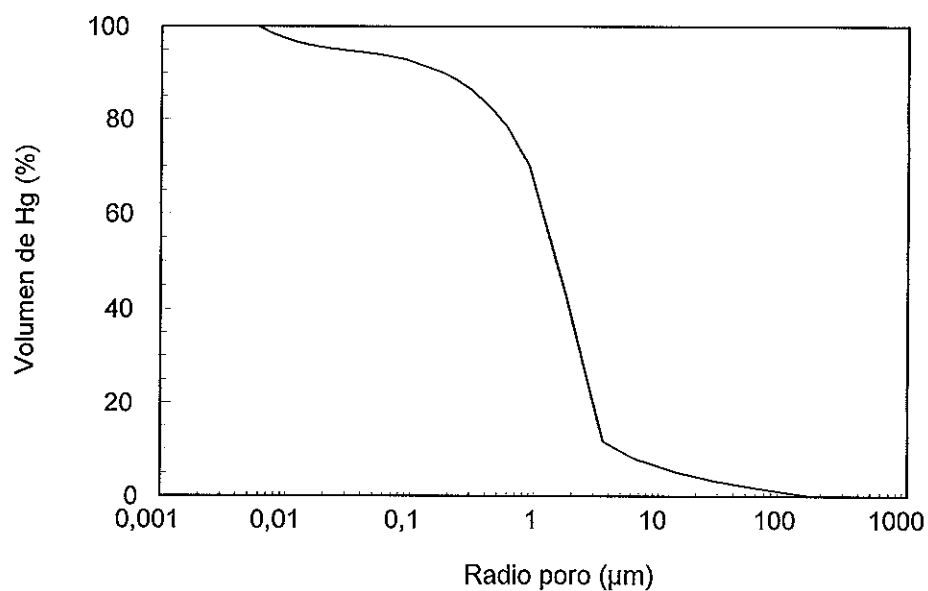
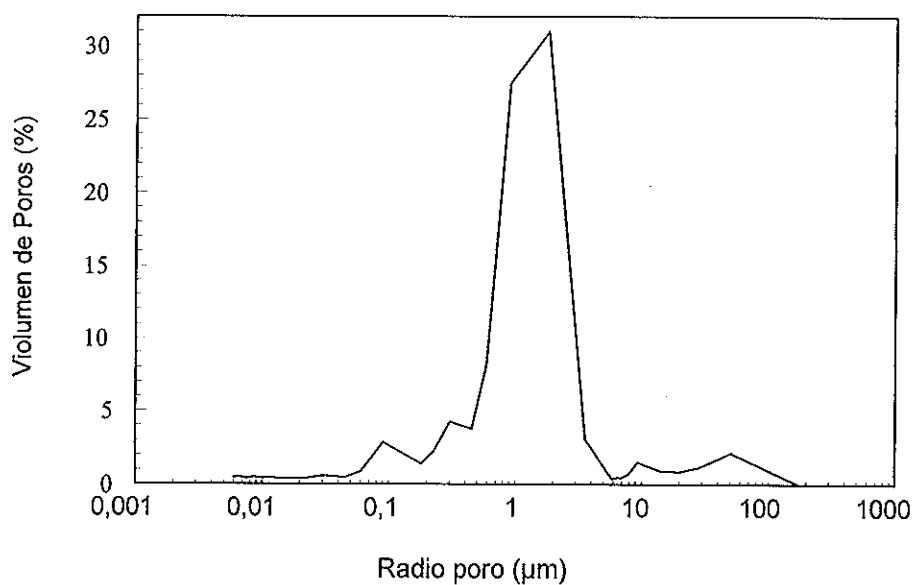


Figura 8. EPX10. Curva No Acumulada



En las figuras 9 y 10 aparecen las curvas porométricas de las muestras de los tratamientos EPX5.

Figura 9. EPX5. Curva Acumulada

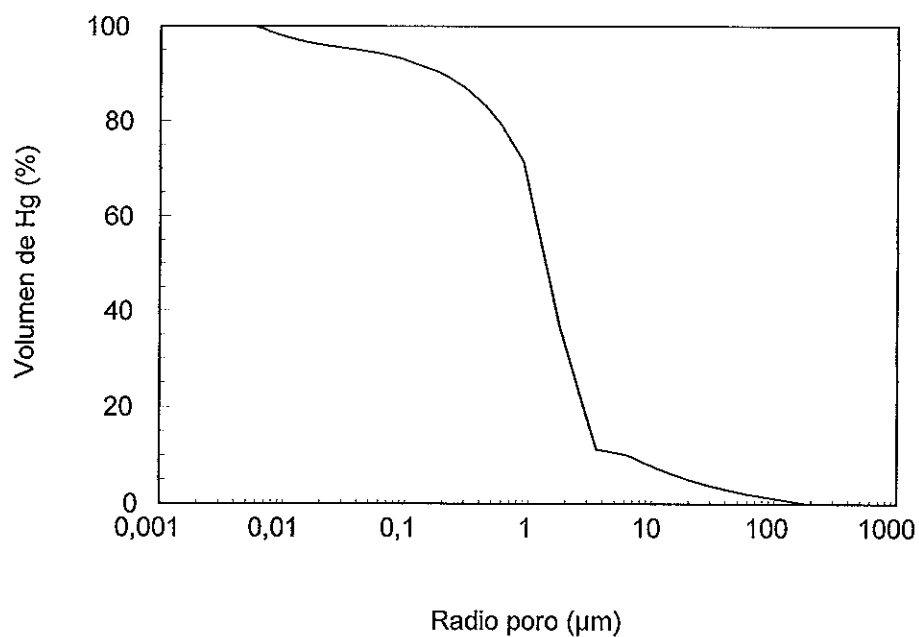
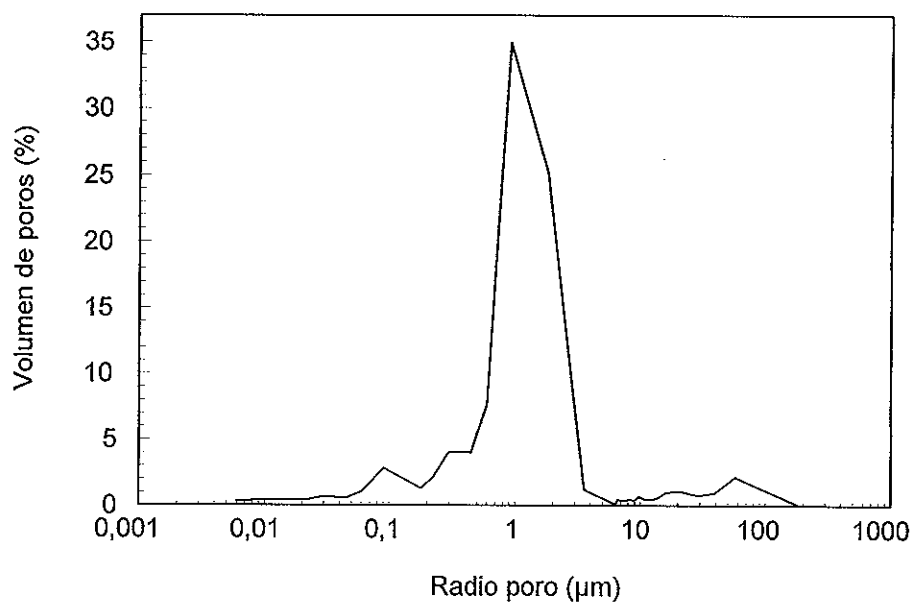


Figura 10. EPX5. Curva No Acumulada



En las figuras 11 y 12 aparecen las curvas porométricas de las muestras de los tratamientos EPA10.

Figura 11. EPA10. Curva Acumulada

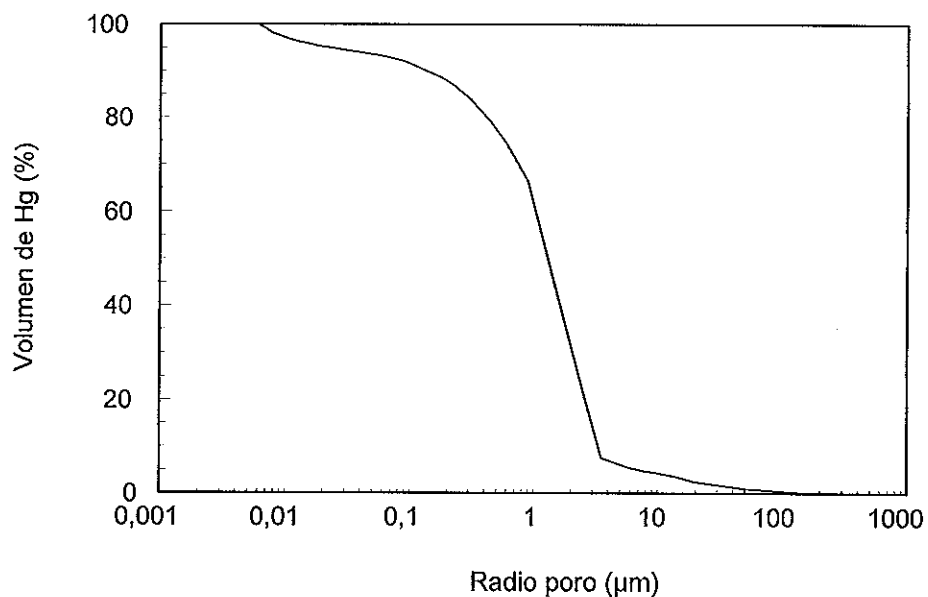
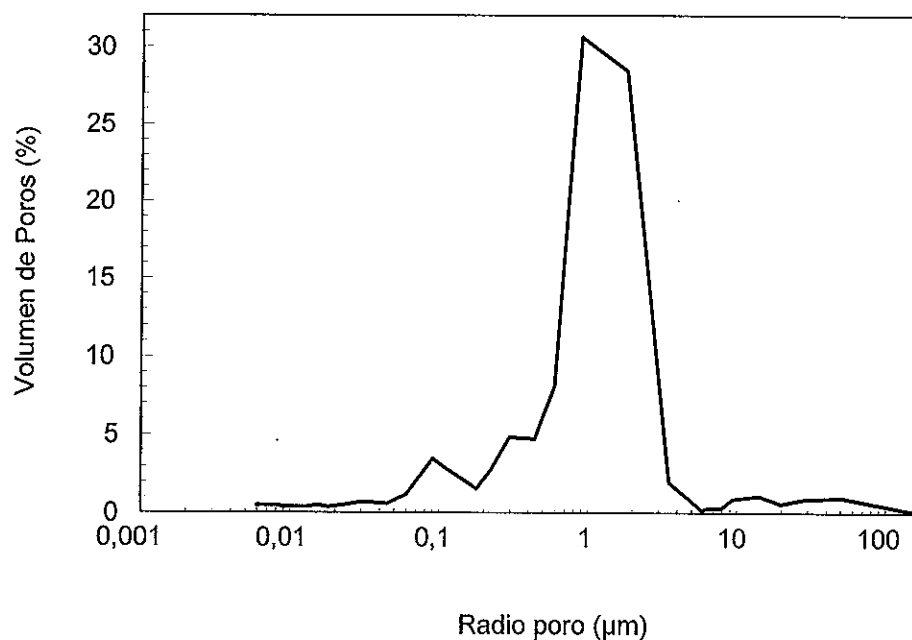


Figura 12. EPA10. Curva No Acumulada



En las figuras 13 y 42 aparecen las curvas porométricas de las muestras de los tratamientos EPA5.

Figura 13. EPA10. Curva Acumulada

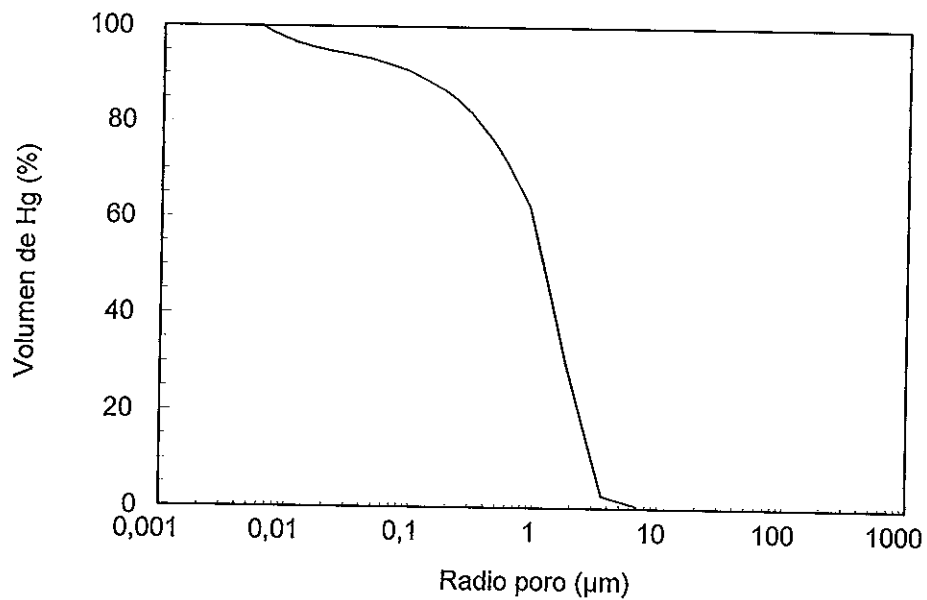
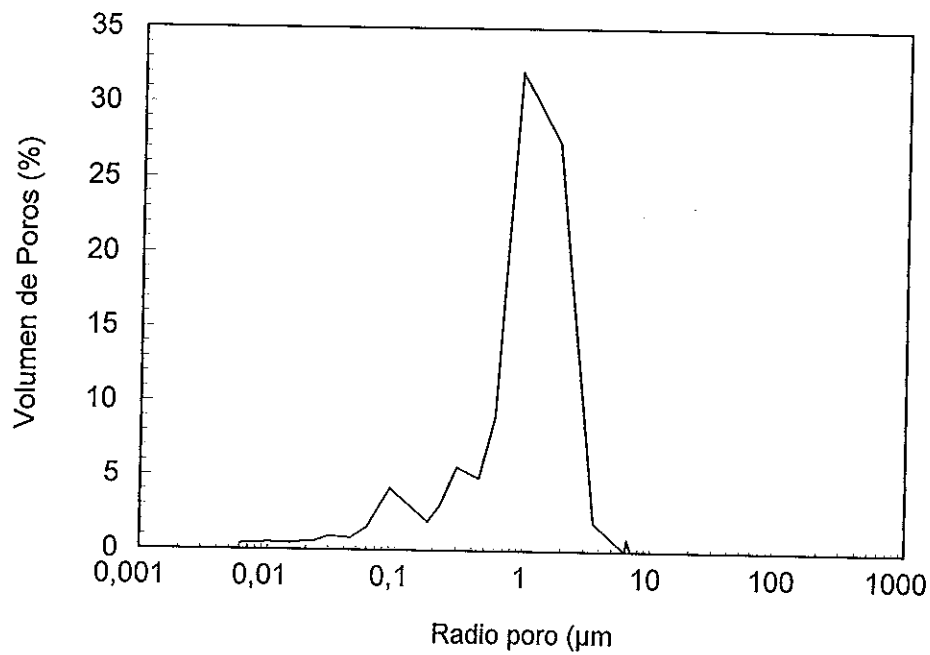


Figura 14. EPA5. Curva No Acumulada



8. Ensayo de Desorción de Agua.

Los resultados obtenidos en éste ensayo se recogen en la Tabla 9 (página 28). En ella se incluye el contenido en agua expresado en % de cada probeta respecto al peso seco de la misma, obtenido tras 48 horas en la estufa a 60°C. El ensayo se ha realizado en una cámara climática con condiciones de humedad y temperatura constantes. Como se observa la pérdida de agua al final del ensayo no ha sido completa en ningún caso, debido a la saturación de la humedad ambiental en la cámara. No obstante, se puede apreciar que todas las probetas tienen aproximadamente la misma evolución en la pérdida de agua. Este fenómeno se observa de forma clara en las curvas de desorción representadas en la Figura 15 donde se han representado los valores medios por tratamiento, los cuales se recogen al final de la tabla.

Figura 15. Curvas de Desorción de tratamientos y sin tratar.

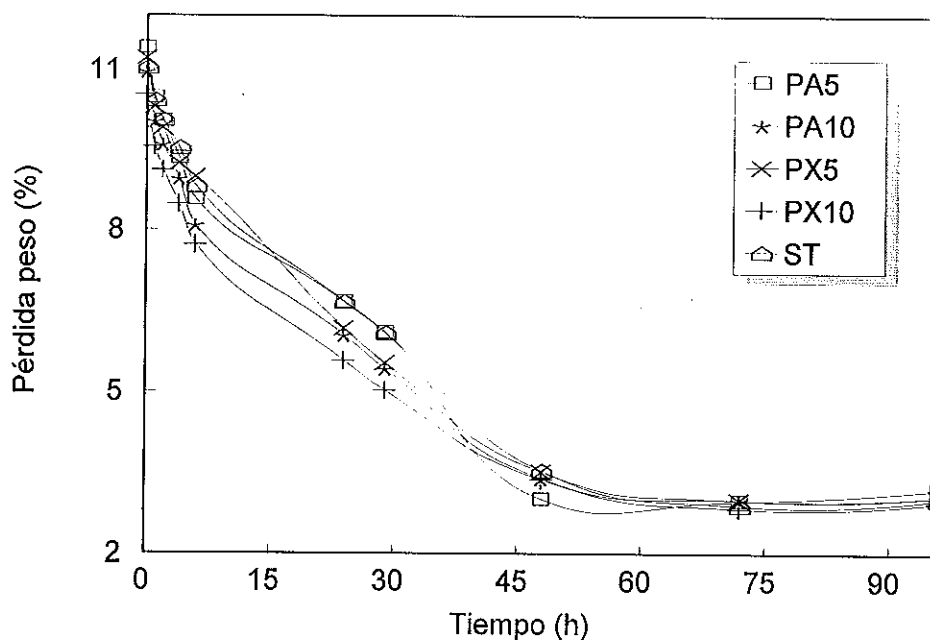




Tabla 9. Ensayo de Desorción . Pérdida peso respecto al t en % respecto peso seco.

	Psat	1h	2h	4h	6h	24h	29h	48h	72h	96h
SIN TRATAR										
8	11,27	10,42	10,12	9,64	9,02	7,17	6,82	4,03	3,22	3,31
40	10,51	9,70	9,37	8,91	8,31	6,49	5,92	3,49	2,71	2,85
12	12,12	11,15	10,67	10,02	9,11	6,32	5,49	3,07	2,73	2,91
P+X10										
1	11,37	10,39	9,94	9,35	8,56	6,24	5,54	3,04	2,33	2,40
6	10,25	9,41	9,11	8,63	8,00	6,37	5,88	4,60	3,41	3,48
11	9,41	8,47	8,16	7,67	7,03	5,49	5,10	3,69	3,28	3,41
23	10,79	9,71	9,18	8,42	7,61	5,17	4,57	2,89	2,58	2,74
25	10,82	9,76	9,21	8,35	7,40	4,57	4,01	2,64	2,58	2,75
P+X5										
3	10,19	9,32	8,89	8,15	7,33	5,17	4,60	2,96	2,72	2,97
7	10,35	9,51	9,20	8,63	7,95	6,15	5,60	3,83	3,21	3,30
15	12,52	11,63	11,27	10,69	10,00	7,58	6,85	4,11	3,14	3,18
16	12,57	11,56	11,06	10,35	12,16	7,09	6,29	3,66	3,11	3,20
27	10,44	9,49	9,09	8,38	7,52	4,87	4,32	2,98	2,76	2,69
P+A5										
2	10,36	9,35	8,90	8,19	7,29	5,18	4,66	2,85	2,72	2,83
5	11,34	10,42	10,08	9,49	8,79	6,91	6,34	4,35	3,63	3,68
13	10,81	9,87	9,46	8,86	8,13	6,07	5,47	3,69	3,04	3,16
17	11,05	10,15	9,69	9,11	7,95	6,06	5,37	3,10	2,63	2,74
30	11,19	10,30	9,84	9,12	8,24	5,97	5,26	2,98	2,61	2,75
P+A10										
4	10,26	9,41	9,04	8,45	7,78	6,13	5,67	3,83	3,29	3,33
9	10,76	9,91	9,58	8,98	8,34	6,69	6,20	4,33	3,73	3,74
14	11,79	10,85	10,43	9,80	8,95	7,04	6,43	3,75	2,97	2,97
32	12,75	11,69	11,14	10,26	9,27	7,00	6,37	3,77	1,97	3,48
29	11,43	10,46	9,98	9,19	8,49	6,42	5,77	3,35	2,71	2,76
Valores medios										
ST	11,30	10,42	10,05	9,53	8,81	6,66	6,08	3,53	2,89	3,02
X10	10,53	9,55	9,12	8,48	7,72	5,57	5,02	3,37	2,84	2,96
X5	11,21	10,30	9,90	9,24	8,99	6,17	5,53	3,51	2,99	3,07
A10	10,95	10,02	9,59	8,95	8,08	6,04	5,42	3,39	2,92	3,03
A5	11,40	10,47	10,03	9,34	8,57	6,66	6,09	3,81	2,93	3,26



V. CONCLUSIONES GLOBALES

La piedra es una calcarenita muy rica en globigerinas compuesta fundamentalmente de calcita, un poco de cuarzo y trazas de filosilicatos, los cuales habría que estudiar si se tratan de arcillas expansivas por el problema que éstas conllevan en ambientes húmedos.

La porosidad de la piedra es muy elevada, como confirman los análisis mediante todos los métodos de estudio. La porosidad media al agua es del 36% y además presenta poros de todos los tamaños (macro y microporos), detectados en microscopía óptica y en Porosimetría de Hg. La porometría de Hg apunta a una microporosidad muy abundante entre 1-5 μm , lo cual la hace una piedra fácilmente alterable, si existen problemas de humedades. Esta humedad puede incidir negativamente, además de por sí sola (disolución del carbonato e incremento sucesivo de la porosidad), por la posible cristalización y disolución de forma cíclica de las sales solubles detectadas en microscopía (yeso).

Los productos estudiados varían poco las características intrínsecas de la piedra como confirman todos los ensayos realizados y además los resultados de todos los tratamientos son muy similares. La cantidad de producto que permanece tras el secado es muy parecido en todos los productos detectándose un leve incremento con el Xileno, pero poco significativo.

El color cambia muy poco con los tratamientos, siendo la combinación que menos lo varía la de P+A5.

Los valores de dureza superficial tampoco varían mucho con los tratamientos, sin embargo el que parece conferir mayor dureza es el P+A10.

La porosidad disminuye muy poco con los tratamientos, sobre todo con el P+A5. Esto es importante porque hay que conseguir que ésta no se modifique demasiado respecto a la inicial de la roca.

Las porometrías de las muestras tratadas son muy similares a las sin tratar, sin embargo se detecta en todos los casos un leve desplazamiento del pico de los



poros más abundantes hacia la izquierda, aumentando más aún la microporosidad, estando el máximo entre 0,7 y 4 μm y aumentando también el volumen de poros en torno a 0,1 μm . Este hecho es común para todos los tratamientos.

La curvas de desorción es muy similar en todos los casos, siendo la más parecida a las probetas sin tratar la de los tratamientos con Acetona.

Con estos resultados, parece ser que la combinación más adecuada para el tratamiento, sería una intermedia entre P+A5 y P+A10, respetando el color original de la piedra y confiriendo mayor dureza superficial. No obstante, si las esculturas van a ser expuestas en lugares con problemas de humedades muy elevadas, no sería aconsejable ningún tratamiento ya que podría aumentar la alterabilidad que ya de por sí presenta el material.

FICHA TÉCNICA:

Jesús espínosa Gaitán, geólogo.

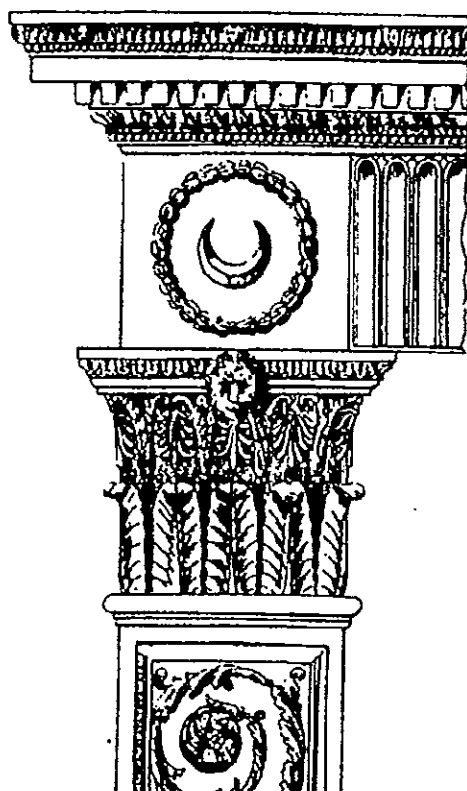
Departamento de Análisis del I.A.P.H.



INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTORICO



JUNTA DE ANDALUCIA
Consejería de Cultura



CENTRO DE INTERVENCION

**ESCULTURAS EN PIEDRA
PORCUNA**

ANÁLISIS BIOLÓGICO
Determinación de líquenes



ESCULTURA EN PIEDRA
PORCUNA

ANÁLISIS BIOLÓGICO
Determinación de líquenes



El biodeterioro que experimentan los materiales pétreos de edificios, yacimientos arqueológicos y esculturas aumenta progresivamente (D. Allsop y K. J. Seal, 1986). Una de las mayores causas de este proceso es la acción de los vegetales tanto vasculares como no vasculares (G. Caneva, G. De Marco y M. A. Pontrandolfi, 1993).

Con respecto a las condiciones ambientales, se pueden diferenciar claramente dos tipos de bioalteración en base a la humedad del sustrato: cuando ésta es continua predominan las cianobacterias, algas y briofitos (G. Caneva, M.P. Nugari y O. Salvadori, 1994); sin embargo si la humedad no es permanente se observa la presencia de líquenes de biotipo (tipo ecológico) crustáceo, los cuales incrementan la alteración del sustrato.

La presencia de los **líquenes** se manifiesta en forma de polvo y fragmentos (pulverulentos), en forma foliácea o crustáceos y epilíticos o endolíticos (ICR-CNR, 1985). Son organismos de crecimiento lento, con pocos requerimientos ecológicos y muy resistentes a las condiciones extremas de temperatura y humedad.

Los líquenes son asociaciones simbióticas entre hongos y algas o cianobacterias. Pueden desarrollarse sobre piedras desnudas. Los talos superficiales contienen al alga, pero las hifas del hongo pueden penetrar profundamente en la piedra. Se desarrollan muy lentamente y ocupan ambientes hostiles para la mayoría de las demás formas de vida vegetal (M. R. D. Seaward y C. Giacobini, 1988).

Los líquenes tienen una amplia distribución ecológica. Esta distribución está influenciada por los gradientes ambientales y la distribución de nutrientes y minerales: depósitos salinos, restos de palomas (alto contenido en N y P). Sobre piedra caliza (sustrato más invadido por los líquenes) el biotipo dominante es el crustáceo, aunque también se observan algunos biotipos foliáceos y escumulosos.

Los líquenes causan daños químicos y mecánicos sobre el sustrato (Griffin, Indictor & Koestler, 1991):

- + Incrementan su masa conforme crecen.
- + Cambian de volumen según el período sea húmedo o seco.
- + Excretan ácidos orgánicos.



Descomposición mecánica: Penetración de las ricinas y acción física ejercida por la alternancia de expansión en estado hidratado y contracción en estado seco de la gelatina himenal. Acción química: El ácido oxálico producido por los líquenes es responsable de la quelación de la superficie (acción degradativa).

Los líquenes pueden ejercer un efecto protector contra agentes degradativos. Causan modificaciones morfológicas y físicas sobre la superficie de la piedra, formando un revestimiento cuyo espesor es del orden de milímetros. Así, al erradicar los líquenes de la piedra, ésta puede ser atacada mucho más drásticamente.

ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ESPECIES

La alteración biológica de las obras de arte de naturaleza pétreo se puede evaluar a través del análisis y la determinación de los organismos presentes. Así pues, se puede recurrir a métodos morfológicos, microbiológicos, bioquímicos, histoquímicos y químicos.

Los métodos morfológicos y estructurales implican varias técnicas de examen del material pétreo (ICR-CNR, 1987):

- observación visual;
- con estereomicroscópico, aunque de escaso aumento, permite identificar los organismos presentes;
- con microscopio óptico, se puede reconocer la morfología y estructura celular de cada grupo de organismos y microorganismos;
- con microscopio electrónico de barrido, para la observación tridimensional de las células o de la superficie de la piedra;

La toma de muestra se llevó a cabo haciendo palanca o rascando, con la ayuda de un bisturí, la superficie de la piedra. Se registraron las características del área elegida, tipo de sustrato, etc. Es decir, todos los datos útiles para su determinación y descripción dentro de una ecología determinada.

Se procedió a su determinación y descripción en el laboratorio, utilizando lupa binocular, microscopio óptico y la bibliografía especializada adecuada (P. Ozenda y G. Clauzade, 1970).



Además de la observación de la morfología del talo y las estructuras de reproducción sexual (en este caso apotecios), hay géneros que precisan algunas pruebas químicas por lo que para su determinación se utilizan los siguientes reactivos, indicando en cada caso si la reacción es positiva y el color:

K: Solución concentrada de KOH en agua.

Cl: Hipoclorito sódico en solución acuosa comercial (lejía concentrada).

I: Solución de yodo en yoduro potásico.

N: Acido nítrico concentrado.

Para ciertas especies es indispensable la observación de la morfología de las esporas, para lo cual se dió un corte fino a la estructura reproductiva. Dicho corte observado al microscopio nos da información de las esporas y sus caracteres taxonómicamente importantes, tales como el contorno, el color, presencia o ausencia de tabiques, tamaño, etc.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN. DETERMINACIÓN DE ESPECIE

MUESTRAS: E-3, E-4

ESPECIE: *Verrucaria subtruncatula* B. de Lesd.

FAMILIA: VERRUCARIACEAE

ECOLOGÍA: Sustrato pétreo → Calcarenita (CO₃Ca)

Especie observada en zona expuesta a la intemperie

TALO: Crustáceo, epilítico, areolado, de color pardo, mal delimitado, poco visible.

Gonidios: Algas verdes (no se observan → ¿ha permanecido mucho tiempo en ausencia de luz?)

ASCOCARPOS: Peritecios más o menos salientes, de color negro

Borde: —

Disco: —

Tecio: —

Epitecio: —

Hipotecio: —

Paratecio: —

Ascos: 8 esporas por asco

Esporas: Elipsoidales, simples, incoloras, 28-32 × 12-18 μ

Largo: 32, 31, 30, 28, 30, 30, 30, 30, 32, 31

Ancho: 18, 17, 12, 13, 14, 15, 17, 16, 17, 17

REACCIONES QUÍMICAS:

K: K-

I:

Cl: Cl-

P:

KCl:

N:

NOTAS: Líquenes no encontrados en zona cubierta (cuerpo)



Los líquenes encontrado sobre las esculturas E-3: *Guerrero de la faliata* y E-4: *Guerrero alanzando a enemigo caído*, pertenecen a una especie de la familia *Verrucariaceae* y, en concreto al género *Verrucaria*. Se denomina así por el aspecto verrugoso que dan al talo los peritecios (cuerpos fructíferos del líquen) más o menos salientes.

Sólo se detectó su presencia en la zona izquierda en la escultura E-3 y en las patas delantera y trasera izquierdas de la escultura E-4, puesto que eran éstas las únicas zonas de las esculturas que estaban descubiertas. No obstante no se observaron algas verdes en la sección observada al microscopio óptico, por lo que se supone la ausencia de luz durante un período prolongado de tiempo.

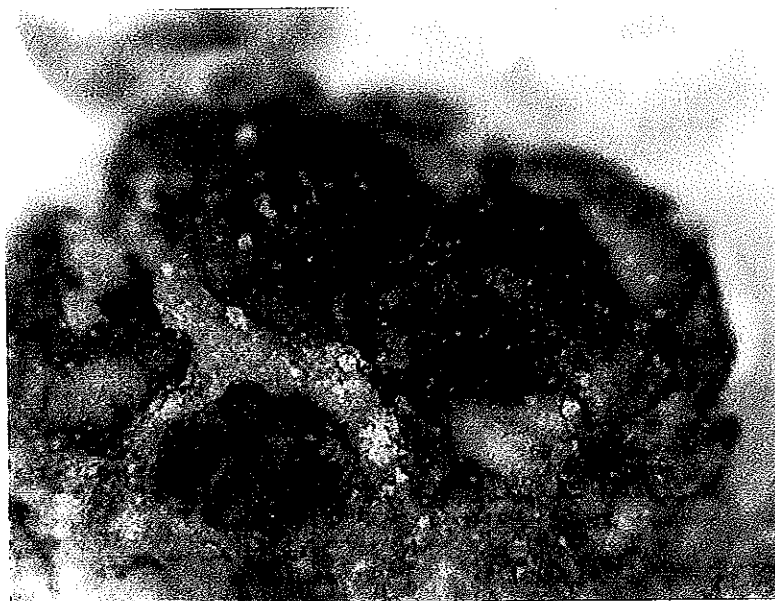


Fig. 1- *Verrucaria subtruncatula* B. de Lesd. Peritecios, 100 X

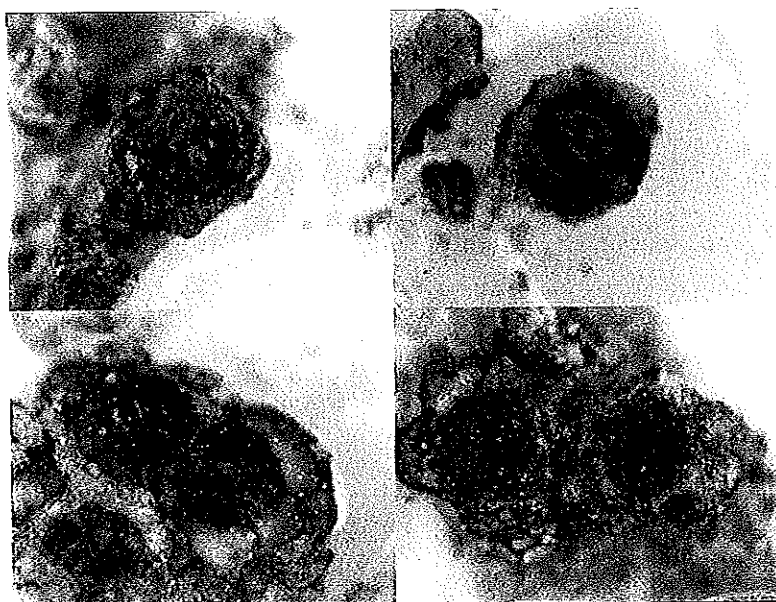


Fig. 2- *Verrucaria subtruncatula* B. de Lesd. Peritecios, 50 X

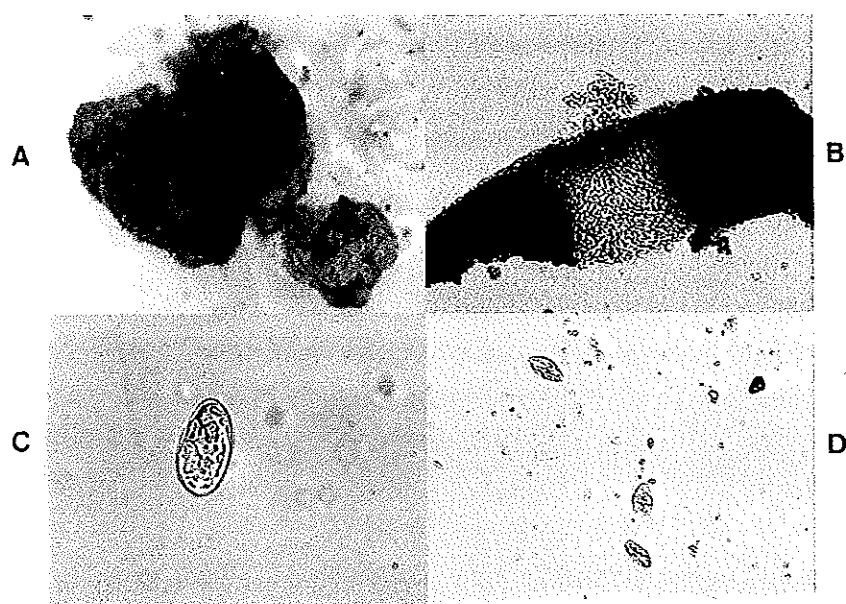


Fig. 3- *Verrucaria subtruncatula*. A: Corte de peritecio, 50 X, luz reflejada; B: Corte peritecio, 100 X, luz transmitida; C: Esporas, 500 X; D: Esporas, 200 X

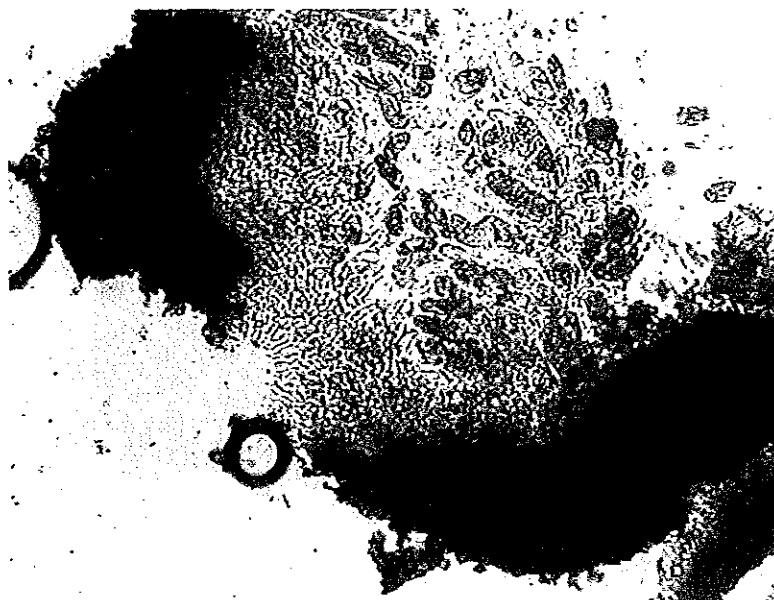


Fig. 4- *Verrucaria subtruncatula* B. de Lesd. Corte de peritecio, 50 X

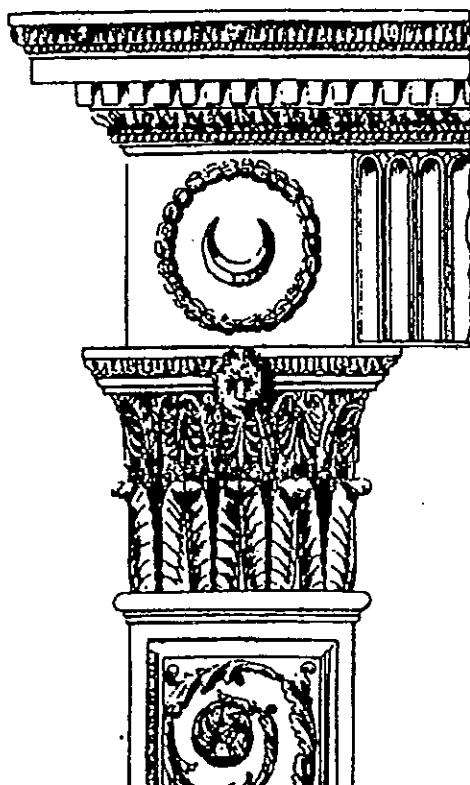


BIBLIOGRAFÍA

- ALLSOPP, D. & K.J. SEAL (1986). **Introduction to biodeterioration**. Edward Arnold, London.
- CANEVA, G., G. DE MARCO & M.A. PONTRANDOLFI (1993). Plant communities on the walls of Venosa castle (Basilicata, Italy) as biodeteriogens and bioindicators. **Conservation of stone and other materials: Vol. 1, 263-270**. (M.J.Thiel). Rilem, London.
- CANEVA, G., M. P. NUGARI & O. SALVADORI (1994). **La biologia nel Restauro**. Nardini, Firenze.
- GRIFFIN, P.S., N. INDICTOR & R.J. KOESTLER (1991). The biodeterioration of stone: a review of deterioration mechanisms, conservation case histories and treatment. **International Biodeterioration: Vol. 28, 187-207**. Biodeterioration of Cultural Property (Ed. Robert J. Koestler). Elsevier, London and New York.
- ICR-CNR (1985). Microflora autotrofa ed eterotrofa: tecniche di indagine visiva. Normal 19/85.
- ICR-CNR (1987). Metodologia di rilevamento e di analisi della vegetazione. Normal 24/86.
- OZENDA, P. & G. CLAUZADE (1970). **Les lichens. Étude biologique et flore illustrée**. Masson et C^{ie}, París.
- SEAWARD M. D. & C. GIACOBINI (1988). Lichen-induced biodeterioration of italian monuments, frescoes and other archaeological materials. **Lichens and monuments**. C.N.R. Centro di studio. "Cause di deperimento e metodi di conservazione delle opere d'arte".- Roma. P. L. Nimis & M. Monte, Trieste.



INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTORICO



CENTRO DE INTERVENCION

ESCULTURAS DE PORCUNA

Espectrometría FT-IR
Septiembre 1997





INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTORICO
Centro de Intervención
Departamento de Análisis
Laboratorio de Química

Espectrometría FT-IR

Esculturas de Porcuna

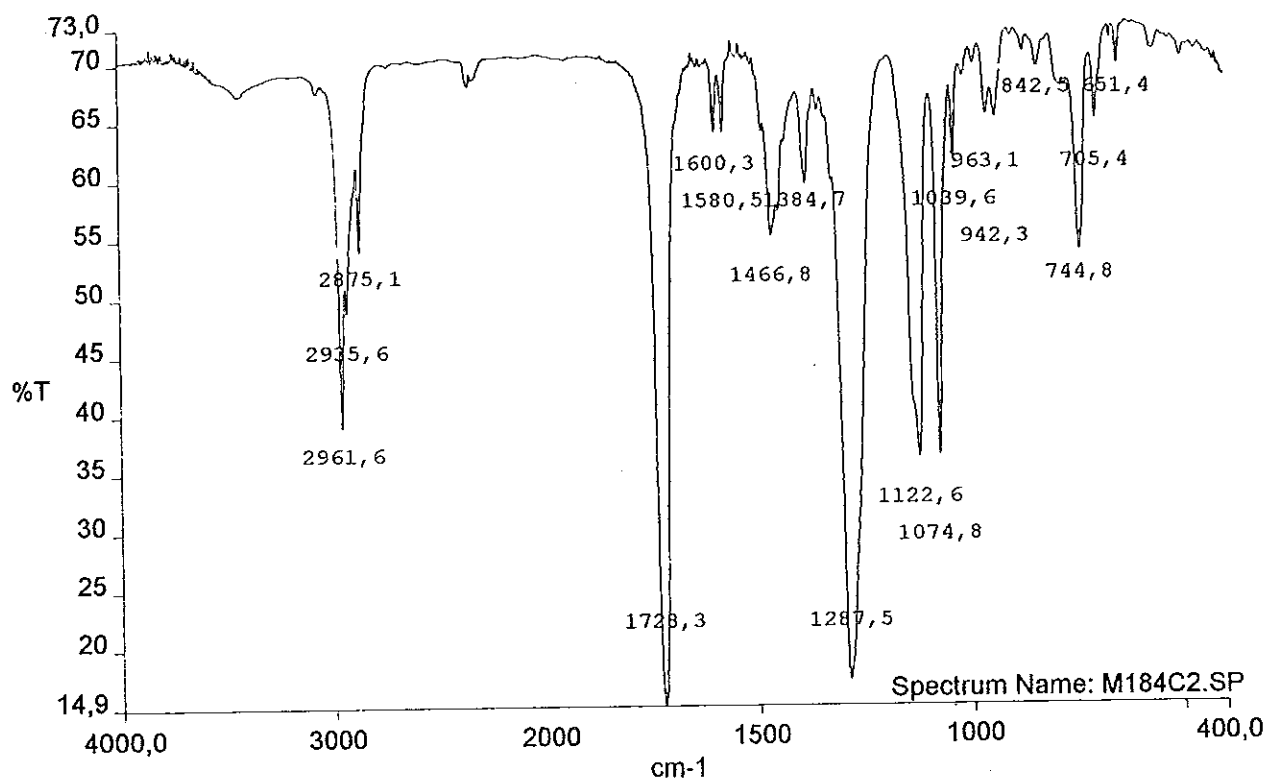
<i>Nº Registro</i>	<i>Nº Muestra</i>	<i>Descripción</i>	<i>Compuestos identificados</i>
184	15	Resina de la pata del jinete	Resina de poliéster
186		Resina basa E-4	Resina de poliéster y sulfato
187	16	Resina E-8	Resina de poliéster

Fdo.: Francisco Gutiérrez Montero
Asesor Técnico-Laboratorio
Septiembre 1997



INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTORICO
Centro de Intervención
Departamento de Análisis
Laboratorio de Química

Espectrometría FT-IR



Nº Registro :

184

Obra :

Esculturas de Porcuna

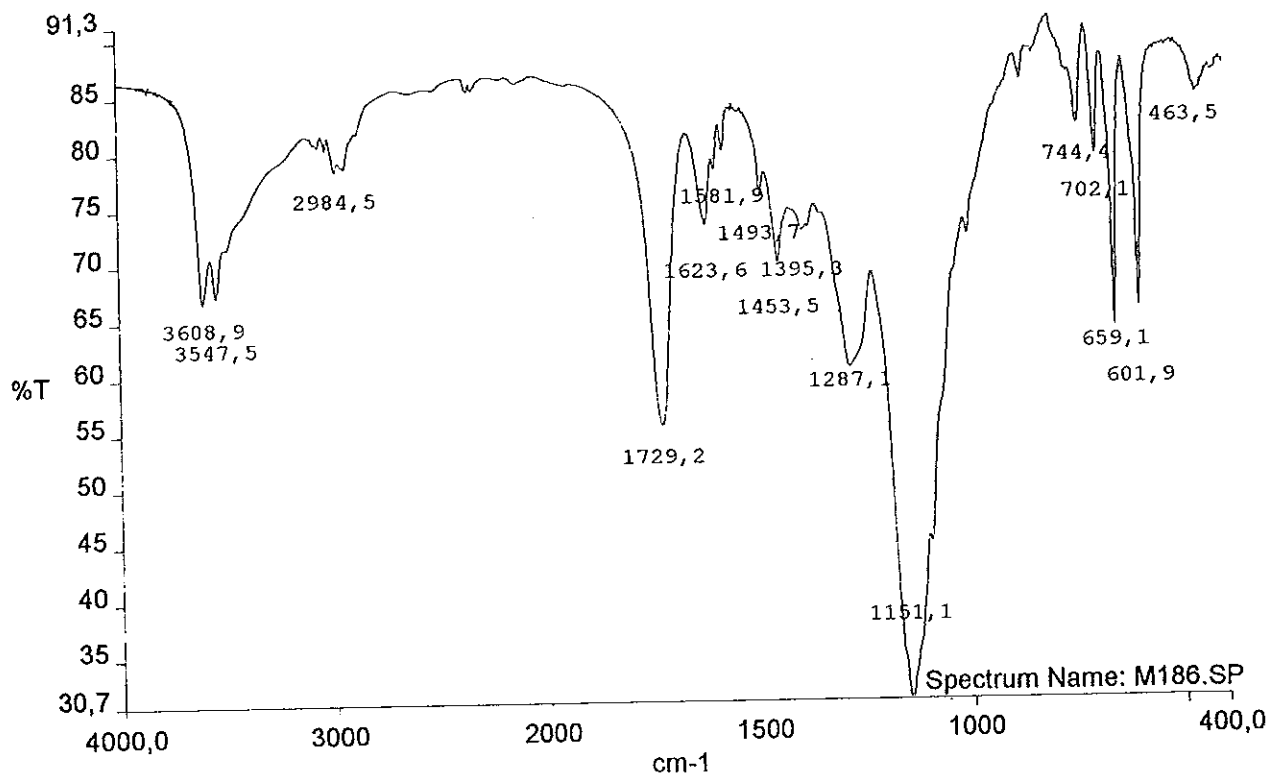
Muestra :

Resina de la pata del jinete



INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTORICO
Centro de Intervención
Departamento de Análisis
Laboratorio de Química

Espectrometría FT-IR

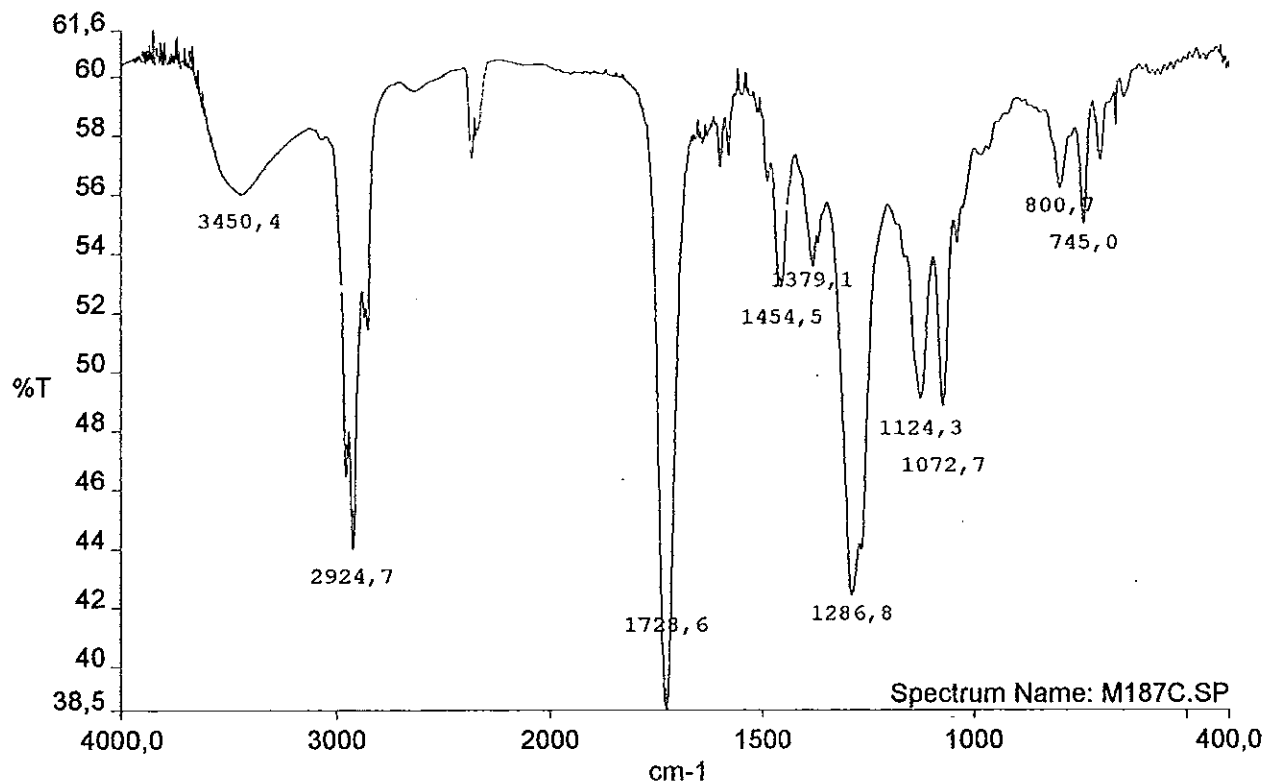


Nº Registro : 186
Obra : Esculturas de Porcuna
Muestra : Resina basa E-4



INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTORICO
Centro de Intervención
Departamento de Análisis
Laboratorio de Química

Espectrometría FT-IR



Nº Registro : 187

Obra : Esculturas de Porcuna

Muestra : Resina E-8