



# El aljibe de El Castellar. Análisis de un mortero de reposición.

Trabajo Final de Máster

RAQUEL BLASCO CALATAYUD

Tutora: Begoña Carrascosa Moliner

Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Univesitat Politècnica de València

Curso 2014 - 2015



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



MASTER OFICIAL EN CONSERVACION  
Y RESTAURACION DE BIENES CULTURALES



departament  
Conservació  
Restauració  
Béns  
Culturals

2015/16 Trabajo Final de Máster

Máster Universitario  
Conservación y Restauración  
de Bienes Culturales

Título:

El aljibe de El Castellar. Análisis  
de un mortero de reposición.

Autor:

Raquel Blasco Calatayud.

Director/es:

Begoña Carrascosa Moliner



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA



departament  
Conservació  
Restauració  
Béns  
Culturals



## RESUMEN

El objetivo de esta investigación se centra en el estudio y comparación del comportamiento, calidad y resistencia de varios tipos de morteros, con el fin de ser sustitutivos del material original como estuco en un aljibe medieval, situado en el yacimiento de El Castellar de Alcoy (Alicante).

Para poder llevar a cabo este estudio se han realizado análisis físico-químicos para descubrir la composición mineralógica y granulométrica de la estructura a estudiar y los datos obtenidos se han plasmado en estas páginas. A través de estos parámetros analíticos se han realizado las reproducciones de los morteros que se han sometido a estudios físicos. También se ha llevado a cabo un estudio del entorno, en el que se halla el aljibe, para poder realizar las pruebas en unas condiciones ambientales lo más próxima a la realidad posibles.

Se han creado dos tipos de morteros de prueba diferentes. un primer grupo, con el mismo material al original (cal y arena); y un segundo grupo compuesto con el mismo material y añadiéndole un aditivo (resina acrílica). Finalmente se han sometido a diversas pruebas, tanto hídricas como de cámara de envejecimiento acelerado para observar las diferencias en sus cambios y deterioros y, así, poder concluir cual de ambos materiales es más resistente a las alteraciones físicas y químicas que soporta la estructura estudiada en su entorno.

**Palabras clave:** aljibe, El Castellar, mortero de cal, arqueología, estuco.



## RESUM

El objectiu d'aquesta investigació es centra en l'estudi y comparació del comportament, qualitat y resistència de diferents tipus de morter, amb la finalitat de poder ser substituïts del material original com estuc en un aljub medieval, situat en el jaciment de El Castellar d'Alcoy (Alacant).

Per a poder portar a terme aquest estudi s'han realitzat anàlisis fisicoquímics per a descobrir la composició mineralògica i granulomètrica de l'estructura a estudiar i les dades obtingudes s'han plasmat en aquestes pàgines. A través d'aquests paràmetres analítics s'han realitzat les reproduccions dels morters que s'han sotmès a estudis físics. També s'ha portat a terme un estudi de l'entorn, en el qual es troba l'aljub, per a poder realitzar les proves en unes condicions ambiental el més pròximes a la realitat possibles.

S'han creat dos tipus de morters de prova diferents, un primer grup, amb el mateix material a l'original (calç i arena); i un segon grup compost amb el mateix material i afegint-li un additiu (resina acrílica). Finalment s'han sotmès a diverses proves, tant hídriques com de càmera d'envelliment accelerat per a observar les diferències en els seus canvis u deterioracions i, així, poder concloure com d'ambdós materials es més resistent a les alteracions físiques i químiques que suporta l'estructura estudiada en el seu entorn.

**Paraules clau:** Aljub, El Castellar, morter de calç, arqueologia, estuc.



## **ABSTRACT**

The objective of this investigation is focused in the study and comparison of the behaviour, quality and resistance of various kinds of mortars, with the purpose of being substituted from the original stucco in a Medieval cistern, located in the site of El Castellar in Alcoy (Alicante)

In order to execute this study some physical and chemical analysis have been carried out to discover the mineralogical and particle size composition of the structure to be studied and the results obtained have been expressed in these pages.

Two types of different testing mortars have been created, The first group with the same original raw material (lime and sand); the second group composed of the same raw material and adding an additive (acrilic resin). Finally they have been subjected to various tests, such as hydrological and accelerated aging chamber, in order to observe the differences in their changes and deterioration, and in this way to be able to conclude which of both materials is more resistant to the physical and chemical alterations that support the studied structure in its environment

**Key Words:** Medieval Cistern, lime mortars, El Castellar, archaeology, stucco



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN/JUSTIFICACIÓN	13
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo generales	17
2.2 Objetivos específicos	17
3. METODOLOGÍA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN	21
4. ESTUDIO HISTÓRICO	25
4.1 El Castellar	25
4.1.1 Presentación del yacimiento	25
4.1.2 Situación geográfica	26
4.1.3 Historia	26
4.1.4 El yacimiento. La investigación hasta ahora	28
4.1.5 Climatología	31
4.1.6 Estado de conservación del yacimiento	32
4.1.7 Patologías del aljibe	34
4.2 El entorno: yacimientos cercanos	40
4.2.1 El Salt	40
4.2.2 La Sarga	41
4.2.3 El Puig	42
4.2.4 La Serreta	43
5. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS	47
5.1 Informe analítico del aljibe	47
5.1.1 Introducción y objetivos	47
5.1.2 Descripción de la muestra	47
5.1.3 Resultados por Microscopia Óptica	49
5.1.4 Resultados por Microscopia Electrónica de Barrido con Microanálisis de rayos-X (SEM/EDX)	50
5.1.5 Resultado granulométrico	51
5.1.6 Resultados por Espectrometría FT-IR	53

5.1.7 Conclusiones	53
5.2 Análisis de morteros de reposición	55
5.2.1 Productos utilizados	55
5.2.2 Tipos de ensayos	56
5.2.2.1 Cámara de envejecimiento acelerado artificial	56
5.2.2.2 Absorción por gota de agua y velocidad de secado	57
5.2.2.3 Absorción de agua por capilaridad	57
5.2.3.4 Permeabilidad al vapor de agua	58
5.2.3.5 Análisis colorimétrico. Sistema de color de Munsell	59
<b>6. RESULTADO Y DISCUSIÓN</b>	<b>63</b>
6.1 Cámara de envejecimiento acelerado artificial	63
6.2 Absorción por gota de agua y velocidad de secado	68
6.3 Absorción de agua por capilaridad	69
6.4 Permeabilidad al vapor de agua	71
6.5 Análisis colorimétrico. Sistema de color de Munsell	72
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>77</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA/REFERENCIAS</b>	<b>81</b>
<b>9. AGRADECIMIENTOS</b>	<b>87</b>
<b>10. ANEXOS</b>	<b>89</b>
10. 1 Climatología	91
10.2. Informe analítico	97

# **I**NTRODUCCIÓN



## 1. INTRODUCCIÓN

En el 711 Hispania es conquistada por tribus árabes y bereberes guiadas por los musulmanes Tariq y Mûsa. La conquista se realizó de forma rápida y por medio de pactos<sup>1</sup> a causa del descontento de la aristocracia visigoda y la población hispanorromana, lo que conllevó una escasa resistencia por parte de todos ellos ante el nuevo conquistador, a excepción de ciudades como Córdoba, Sevilla o Mérida<sup>2</sup>. Finalizado el poder visigodo, con la muerte del Rey Rodrigo, e instaurado el poder musulmán, es ahora cuando se inicia la Edad Media en la Península Ibérica<sup>3</sup>.

La clara disposición a negociar, por parte de los cristianos, permitió la creación de grandes pactos, como el pacto de Teodomiro o Tudmir de Orihuela (Alicante), por el cual Teodomiro mantendría el control del territorio que había tenido durante el reino visigodo, pero bajo poder musulmán. Estos territorios pactados o conquistados sin batalla se les conocen con el nombre de *qurà* o circunscripciones. De la parte que nos ocupa, la ciudad de Alcoy, se halló en una zona poco determinada entre las *qurà* (coras o circunscripciones) de Tudmir y Valencia.

La llegada de estas tribus finalizó con la creación de Al-Ándalus a mediados del siglo VIII y el establecimiento del emirato de Córdoba como gobierno. Pero no es hasta la llegada de Abd Al- Raman III (929) cuando la península experimenta un periodo de paz que permiten un proceso de islamización y arabización de todo el territorio conquistado, además de un gran desarrollo económico y cultural, gracias a su autoproclamación como califa, estableciendo así el Califato de Córdoba.

Es este Período, el siglo X, también conocido como período oscuro<sup>4</sup>, porque es una época donde es muy difícil fechar los restos, pues o bien han sido abandonados y destruidos o reutilizados en época cristiana, dificultando su estudio en fechas anteriores al siglo IX, el que nos interesa para nuestro trabajo, ya que es a partir de este momento donde se ha fechado el yacimiento a tratar.

El Castellar se sitúa en las cercanías de la ciudad de Alcoy, al oeste de dicha ciudad (38° 41' 25"- 3° 00' 58")<sup>5</sup>. Un poblado de época musulmana en altura, aterrazado. Nuestro estudio se centra en una de sus infraestructuras mejor conservadas, el aljibe situado en la ladera, a falta de un mayor presupuesto para poder estudiar el resto de estructuras que todavía se conservan como el otro aljibe, ubicado en la cima, que se cree que es de fecha posterior al estudiado.

---

<sup>1</sup> TORRÓ, J y FERRER, P. La sociedad andalusí (I). En MORENO SÁEZ, F. (Coord.) *Historia de l' Alcoia, El Comtat y la Foia de Castalla*. Alicante: Editorial Prensa Alicantina s.a., 1996, vol. 1, p. 169.

<sup>2</sup> GONZALEZ, M. Los musulmanes en España hasta finales del califato. En CLARAMUNT, S.; PORTELA, E.; GONZALEZ, M. y MITRE, E. *Historia de la Edad Media*. Barcelona: Ariel, 2006, p. 100.

<sup>3</sup> Idem., p. 100.

<sup>4</sup> TORRO I ABAD, J. Arqueología medieval de Alcoy y su entorno. En VV.AA. *Alcoy, Prehistoria y Arqueología. Cien años de investigación*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy - Instituto de Estudios Juan Gil-Albert, 1984, p. 279.

<sup>5</sup> SEGURA I MARTÍ, J.M.; TORRO I ABAD, J. *Cataleg castellològic de l'àrea de treball del museu arqueològic municipal d'Alcoi*. Alcoi: C.A.E.H.A., d.l.- Graficas el Cid, 1984, p. 14.

El problema del Castellar es que es un yacimiento que fue excavado con una metodología poco precisa y sus restos estructurales son escasos, por ello se ha datado a partir de los restos cerámicos. Obteniendo una cronología que va desde el siglo X al siglo XIII <sup>6</sup>. Por tanto se trata de un yacimiento poco conocido tanto por historiadores y arqueólogos como por los propios ciudadanos de Alcoy.

En el presente trabajo se busca la mejor opción de restauración y conservación para el único yacimiento medieval cercano a la ciudad de Alcoy, a través del análisis morfológico del mortero de una de las infraestructuras del yacimiento y realizando pruebas de diferentes tipos de mortero para la búsqueda de aquel que mejor se adapte a las condiciones del entorno.

La realización de estos estudios se basará, como ya se ha dicho, en el aljibe situado en la ladera del yacimiento, junto a la muralla de la zona baja de éste, según aseguró, en su momento, el arqueólogo del proyecto, Juan Faus Cardona.

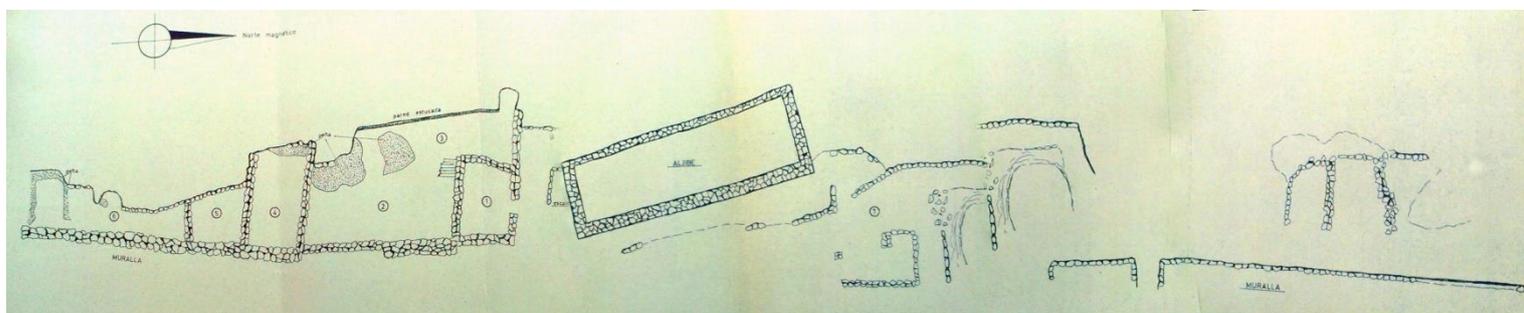


Fig. 1. Topografía. El Castellar. Ladera (1973)

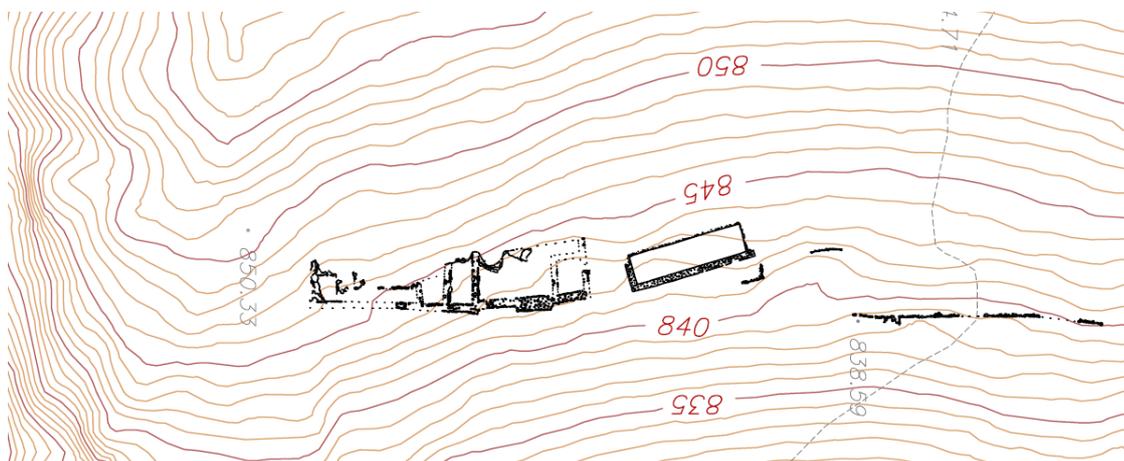


Fig. 2. Cartografía yacimiento El Castellar. Ladera (2010)

<sup>6</sup> TORRO I ABAD, J. Arqueología medieval de Alcoy... Op cit., p. 283.

# **O**BJETIVOS



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo genérico**

El principal objetivo deriva de este trabajo teórico, ya que el fin último del estudio es llevarlo a la práctica. Así pues el último paso a seguir, es contribuir a la conservación de la estructura del aljibe del yacimiento del Castellar de Alcoy de forma física. Realizar un proyecto con las instituciones públicas de dicha ciudad, el Ayuntamiento de Alcoy y el Museo Arqueológico Municipal de Alcoy (MAMA), que están ayudando, económicamente, en esta investigación, por el cual se pueda conservar esta estructura arqueológica y en un futuro realizar más proyectos en el resto del yacimiento para preservar el único restos árabe propio de la ciudad.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Búsqueda de la escasa bibliografía existente sobre el yacimiento. Se trata de un trabajo arduo, pues es un yacimiento poco conocido y lo poco estudiado se basa en su material cerámico, con el objetivo de marcar la cronología del yacimiento, entre el siglo X y el XIII. De forma que la información sobre otros ámbitos es muy escasa.

2. Solucionar la contextualización histórica del yacimiento. Como ya se dicho anteriormente, el yacimiento ha sido poco estudiado y la escasa bibliografía solo se centra en un único ámbito, la cerámica, por ello, se intenta mostrar, con este estudio, otra visión del yacimiento, que aporte nuevas informaciones y curiosidades, para iniciar futuros trabajos in situ en el yacimiento y por ende investigaciones para poder conocerlo mejor.

3. Para poder conocer el yacimiento y dar una nueva visión y demostrar que no está obsoleto, se ha centrado el estudio en el análisis de la única estructura que todavía se mantiene en mejor estado, el aljibe de la ladera. Se selecciona esta estructura, no solo por ser la que mejores condiciones presenta, pues el aljibe de la cima también se halla en condiciones óptimas, sino porque el presupuesto del que se dispone es limitado y hay que realizar una selección, a la cual se llega con el acuerdo, mutuo, con el museo.

4. Una vez realizadas las analíticas pertinentes y obtenidos los resultados, se realizan los ensayos experimentales de morteros afines al material, para conseguir hallar el material más idóneo a aplicar en la estructura en la fase práctica del proyecto.



# **M**ETODOLOGIA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN



### 3. METODOLOGÍA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

Para poder conocer el yacimiento primero se ha realizado una investigación documental, como se puede ver en la bibliografía. La documentación utilizada no ha sido muy extensa, pues no se trata de un yacimiento muy estudiado, a excepción de su material, y este siempre ha tenido un mismo objetivo, conocer que formas lo caracterizan y en que cronología se puede situar. Así pues la información obtenida en cuanto al modo de vida de la población y a la población en sí, ha sido escueta y bastante repetitiva en muchos libros.

La metodología de trabajo se puede dividir en:

- Documentación de campo en el yacimiento.
- Análisis o estudio en laboratorio de las muestras recogidas.
- Estudio y Análisis hídrico y de envejecimiento de morteros afines al material arqueológico.

Una vez se conoce la información, a grandes rasgos, del yacimiento, se profundiza en la documentación de la excavación de los años 70, que se halla en los archivos del MAMA. Una vez se conoce la perspectiva del arqueólogo y observamos la planimetría, se puede subir al sitio y realizar un estudio de campo.

En el estudio de campo, con al planimetría en mano, se observa que el yacimiento ha cambiado notablemente, lo que nos obliga a volver al museo Arqueológico y preguntar si existe una nueva planimetría. Teniendo la suerte de poder obtener una nueva planimetría, de hace escasos años, se vuelve a subir al yacimiento para continuar con la investigación de campo, observando las estructuras, lo que queda en pie y lo que se ha perdido. Se realizan fotografías y se extraen muestras de las estructuras en las que en un principio se quería intervenir, pero que luego se reducirán por falta de presupuesto. Además se recogen muestras de la tierra del sitio, que tampoco se van a utilizar por el mismo motivo.

Una vez obtenidas las muestras, y con el beneplácito económico de las instituciones municipales, se puede iniciar el análisis de estas, con el fin de conocer la composición mineralógica del mortero. Para ello se preparan y se realiza un estudio morfológico, un análisis químico-mineralógico y un análisis granulométrico, con diferentes técnicas de análisis instrumentales de análisis químico como son: microscopia óptica, microscopia electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X (FT-IR). Todo ello realizado en el Instituto de Restauración del Patrimonio de La Politécnica de Valencia con la ayuda de la Doctora Laura Osete Cortina.

Tras ello Se realizan las probetas de los diferentes morteros, según la normalización española (UNE) a excepción de una de ellas que se realiza con las proporciones obtenidas en el informe de análisis. Realizamos morteros inorgánicos que serán introducidos en cámaras de envejecimiento acelerado artificial, en condiciones que se detallan más adelante.

Paralelamente, a todo ello, se realiza un estudio colorimétrico, para comprobar su variación o resistencia a los cambios a los que se someten las pruebas, todo ello, como ya se ha comentado, con el objetivo, de hallar el material más idóneo ante las condiciones climáticas más adversas que se puedan dar para el lugar de origen.

A la par de estas pruebas, en otras probetas de los mismos componentes se realizan las pruebas hídras. Además se le añadirán otros aditivos como resinas acrílicas y biocidas en un único porcentaje, debido a la escasez de tiempo de la que se dispone para poder desarrollar el proyecto de investigación.

Finalizado el estudio y realizado el informe. Cuando se tengan los fondos necesarios y se inicie el proyecto, junto al Museo Arqueológico de Alcoy, se aplicaran, de forma práctica, el mortero adecuado, en sus proporciones y con los materiales más afines a la construcción arqueológica, según indica este proyecto teórico.

# **E**STUDIO HISTÓRICO



## 4. ESTUDIO HISTÓRICO

### 4.1 El Castellar

#### 4.1.1 Presentación del yacimiento

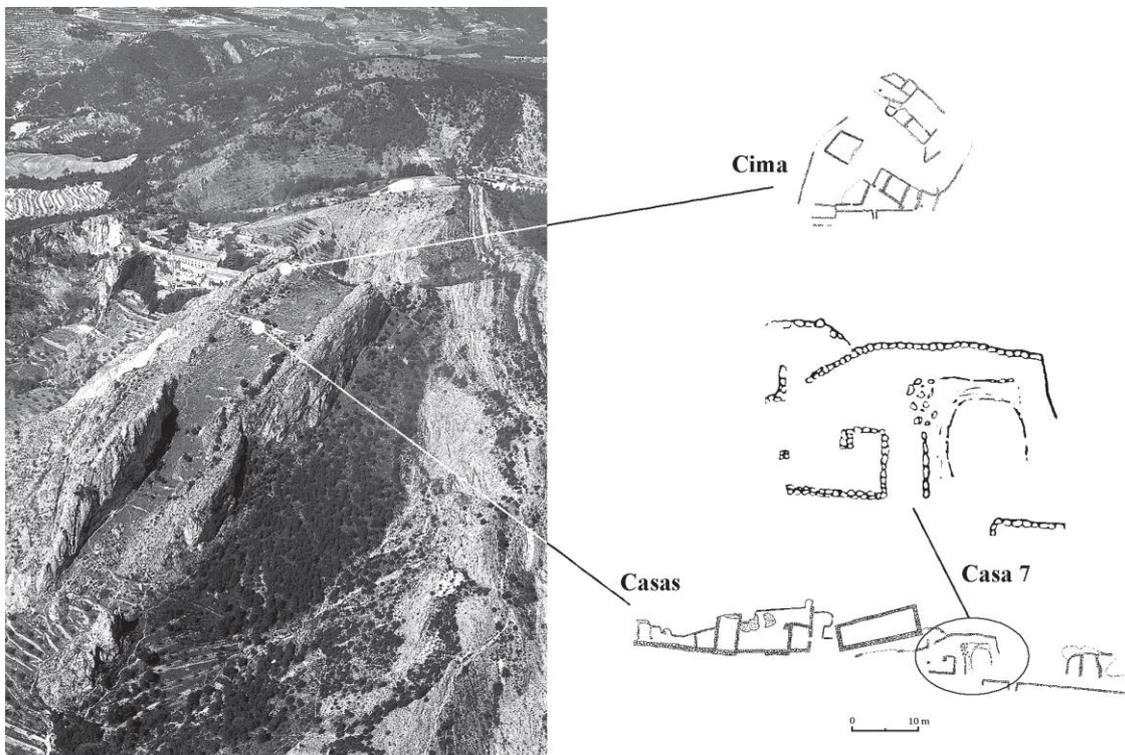


Fig. 3. Vista aérea de El Castellar y situación del yacimiento sobre éste. (PÉREZ BOTÍ, G. La evolución formal y cronológica de la cazuela andalusí en El Castellar (Alcoi, Alacant). [en línea] Recerques del museu d'Alcoi, (15): 85 – 92, 2006. Disponible En:<<http://www.raco.cat/index.php/RecerquesMuseuAlcoi/article/view/172643/0>> [Consulta: 26 mayo 2015] p. 87).

El Castellar es un yacimiento situado en lo alto de un cerro de difícil acceso, que se caracteriza por su pronunciada pendiente de entrada por el oeste y por estar protegido por dos grandes alineaciones rocosas en sus extremos norte y sur que la encierran, pero que, a su vez, permiten, la visibilidad de todo el territorio, convirtiéndolo en un gran punto estratégico en el momento de su ocupación.

Dentro de esta compleja formación natural se halla el yacimiento. De este ha sido excavada una pequeña parte y, sólo, se pueden observar unas dependencias situadas en la ladera del cerro y otras en la cima. La estructura a estudiar en este trabajo se sitúa en la zona de la ladera.

#### 4.1.2 Situación geográfica

El Castellar se sitúa al oeste de la ciudad de Alcoy (Alicante, Comunidad Valenciana) ( $38^{\circ} 41' 25''$ - $3^{\circ} 00' 58''$ )<sup>7</sup>, que se eleva a unos 886 m. sobre el nivel del mar en dirección oeste, hacia Banyeres de Mariola (Alicante, Comunidad Valenciana)<sup>8</sup>.

Como ya se ha mencionado, en el yacimiento se observa una parte superior y una inferior. La parte que nos ocupa, es la parte inferior del conjunto o la ladera, que está formada por un conjunto de viviendas adosadas a la muralla este, realizadas con mampostería de “opus incertum”<sup>9</sup> u

“opus spicatum”<sup>10</sup>, todas ellas mantiene una planta rectangular y sin divisiones internas<sup>11</sup>, lo que hace pensar que no se trate de una zona de hábitat. Además se ha de destacar que entre este conjunto se halla el aljibe a estudiar y que separa una de las viviendas del resto.

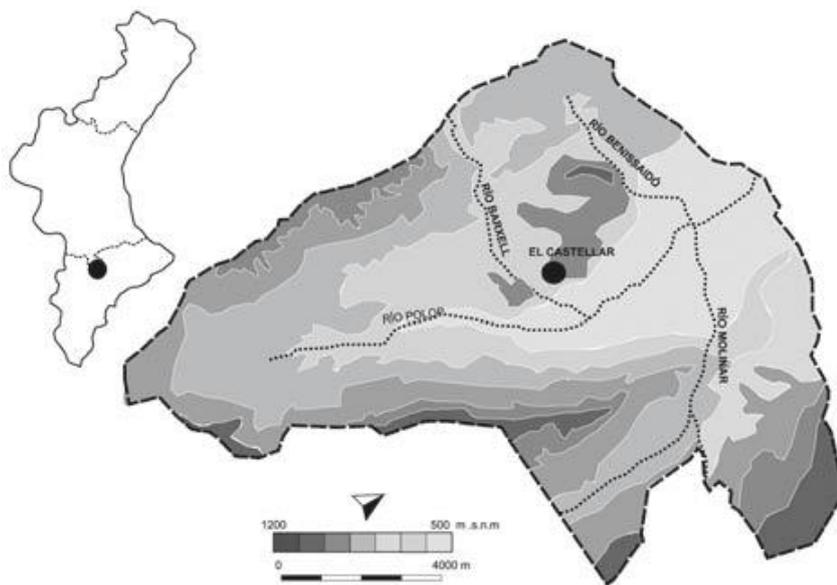


Fig. 4. Situación del yacimiento El Castellar de Alcoy (Alicante). (PÉREZ BOTÍ, G. La caracterización de la cerámica islámica... Op. cit. p. 54).

#### 4.1.3 Historia

Tras la conquista árabe y bereber de la Hispania medieval en el 711 se inicia un largo período de caos y conflictos entre cristianos y musulmanes, y entre los propios árabes. Es ahora cuando el territorio queda dividido en pequeñas áreas administrativas o *qurà*. La zona de L'Alcoià, la de nuestro yacimiento, quedó en una zona imprecisa, entre las *qurà* o circunscripciones de Tudmir<sup>12</sup> y Valencia

<sup>7</sup> SEGURA I MARTÍ, J.M.; TORRO I ABAD, J. *Cataleg castellològic ... Op Cit.* p.14.

<sup>8</sup> PÉREZ BOTÍ, G. La caracterización de la cerámica islámica de El Castellar de Alcoi (Alicante) de finales del siglo IX y siglo X: el horizonte Castellar I. [en línea] *Recerques del museu d'Alcoi.* (22 – 23): 53 – 68, 2013 – 2014. Disponible en: <<http://www.raco.cat/index.php/RecerquesMuseuAlcoi/article/view/277352>>[Consulta: 16 abril 2015] p. 53.

<sup>9</sup> Tipo de construcción de mampostería formada por piedras irregulares, generalmente a base de cuarcita, caliza y árido asentados con un mortero de cal.

<sup>10</sup> Es un tipo de construcción utilizada en época romana o Edad media en la que los ladrillos o piedras tralladas se colocaban en forma de espina de pez.

<sup>11</sup> AZUAR, R. *Denia islámica: arqueología y poblamiento.* Alicante: Instituto de cultura Juan Gil-Albert, 1989, p. 135.

<sup>12</sup> La circunscripción de Tudmir, pertenece al señor visigodo Teodomiro de Orihuela, que comprende siete ciudades del sudeste peninsular. Las más septentrionales eran Alicante y Villena. En el 746, tras unir en matrimonio a su hija con un prestigioso linaje árabe, Teodomiro controla un nuevo territorio pasando a formar parte de la región administrativa de al-Andalus. TORRÓ, J y FERRER, P. La sociedad andalusí (I). En MORENO SÁEZ, F. (Coord.) *Historia de l'Alcoia, El Comtat y la Foia de Castalla.* Alicante: Editorial Prensa Alicantina s.a., 1996, vol. 1, p. 169.

La diferencia entre árabes y bereberes provoca disidencia entre ellos, sobre todo por parte de los bereberes, ya que las tribus no reconocen la autoridad de los Omeya de Córdoba. Esta sublevación a la autoridad conlleva el refugio, de estas tribus en zonas de difícil acceso, en las zonas de montaña, hecho conocido gracias a las crónicas de historiadores árabes, como *al-Ya<sup>c</sup>qûbî* o *al-<sup>c</sup>Udrî*, que hablan de la presencia de dichas tribus en las montañas de la región de Tudmir. Además, se ha podido constatar, a través de los hallazgos arqueológicos (escasos en las zonas de montaña de L'Alcoia y El Comtat)<sup>13</sup>, que la presencia de estas tribus fue una parte importante en la formación de la sociedad andalusí, en esta zona montañosa, de la península durante los siglos VIII y IX.

Toda esta inestabilidad finaliza con la creación del Califato de Córdoba en el 929 por Abd al- Rahman III, que extiende por la península un gran ambiente de paz y prosperidad, con el consiguiente desarrollo económico, demográfico y cultural andalusí. Con ello los clanes aceptaron la sumisión al nuevo poder y una nueva organización administrativa dividida en *yuz'(s)*, que se situaban en los llanos o zonas agrícolas. Esta paz se rompe a inicios del siglo XI cuando tiene lugar una lucha de facciones por el poder y se fragmenta el dominio político en diversos estados, época conocida por la historiografía como, reinos taifas<sup>14</sup>, reinos más o menos grandes, pero inestables, precarios y de límites imprecisos. Esta situación de nueva inestabilidad política se mantiene, en la zona de Valencia, hasta la llegada del Cid y sus huestes castellanas a finales del siglo XI.

El Cid inicia una serie de ataques y saqueos sistemáticos a Sarq-al Andalus para derrotar a una de las taifas más ricas y fuertes de la zona, la taifa de Dénia. Y así poco a poco ir conquistando todo el territorio hasta llegar a al-Andalus. Estas acciones del Cid, no solo tiene graves consecuencias en las grandes ciudades, como Dénia, sino en las poblaciones rurales, que no se hallan preparadas para el ataque, y que tras ellos quedaran gravemente heridas o despobladas, sin continuidad de ello, y con la aparición de un nuevo núcleo urbano, ya cristiano, en los alrededores.

---

<sup>13</sup> Idem. p 170

<sup>14</sup> *tá'ifa* significa "bando", "partido", haciendo referencia a los diversos clanes o bandos en los que se fragmenta el reino de al-Andalus. Idem. p 182

#### **4.1.4 El yacimiento. La investigación hasta ahora**

El yacimiento fue excavado por J. Faus Cardona a finales de los años sesenta (1967 – 1969) y los materiales hallados fueron depositados en el Museo Arqueológico Municipal de Alcoy Camil Visedo. Esta excavación, que se realiza en diversas zonas, se lleva a cabo por la apertura de una cantera al pie de la ladera sur de la montaña, por tanto podemos hablar de una excavación de urgencia, ya que estas cantera amenazaba con la destrucción del yacimiento, que ya era conocido por el antiguo director y fundador de Museo Arqueológico Municipal de Alcoy (MAMA), Camil Visedo.

En 1973 E Cortell y J. M. Segura realizaron un mapa topográfico del yacimiento y las estructuras excavadas por J. Faus. Pero debido a las nulas intervenciones de conservación en el yacimiento y al cambio sufrido en la totalidad estructural de este, se ha realizado un nuevo levantamiento topográfico, también por J.M Segura, para documentar las estructuras que se conservan en la actualidad. Pudiendo realizar, así, una comparativa entre lo hallado en los años sesenta y las estructuras restantes, hoy en día. Tras la realización del primer mapa topográfico se realizaron, un año más tarde, unas prospecciones en dos zonas del yacimiento con el objetivo de realizar nuevas excavaciones, pero estas nunca llegarían<sup>15</sup>.

Las excavaciones de Faus permitieron conocer dos zonas claras del yacimiento: Por un lado la cima, formada por construcciones trapezoidales alrededor de un posible patio, además de otras dependencias y la presencia de un pequeño aljibe. Esto hace pensar, a J.M Segura y J. Torro, que se pueda tratar de una celouquia<sup>16</sup>. La otra zona excavada es la ladera en la que se halla la muralla del lado este y adosada a estas unas viviendas que aterrazan la zona. Además separando algunas estancias se halla un segundo aljibe de mayores dimensiones al de la cima.

Además de las estructuras se descubrieron numerosos restos cerámicos y muy variados en cuanto a forma y ornamentación: cerámicas en verde y manganeso, producciones en cuerda seca total o parcial, vidriadas monocromas o con decoraciones de óxido de hierro o manganeso, tinajas con motivos estampillados... todo ello acompañado de objetos realizados en hierro, bronce, hueso... como numerosas puntas de flecha en los cadáveres hallados en las tumbas, un óbolo de Jaume I, un amuleto de plomo antimoniado, dedales para coser... Todo ello ha sido estudiado, con el objetivo de marcar una cronología.

Con sus descubrimientos, Faus es capaz de paralizar los desmontes de la cantera varias veces y mantener las excavaciones en la zona, durante varias campañas. Estas excavaciones son realizadas por el propio Faus con la ayuda de sus hijos y otros colaboradores. Esto hace que la información de excavación obtenida, a pesar de estar bien

---

<sup>15</sup> PÉREZ BOTÍ, G. La evolución formal de la serie "tapadera" de El Castellar de Alcoi (Alicante) en época islámica. [en línea] *Recerques del museu d'Alcoi*. (16): 183 – 190, 2007. Disponible en: <<http://www.raco.cat/index.php/RecerquesMuseuAlcoi/article/view/172371/0>>[Consulta: 14 mayo 2015] p. 183

<sup>16</sup> SEGURA I MARTÍ, J.M.; TORRO I ABAD, J. *Cataleg castellològic...* Op. cit., p. 14.

realizada, no sea muy exhaustiva, pues sólo se cuenta con planimetría y el diario realizado por Faus.

Debido a la escasa información escrita no sólo de excavación, sino también a la existente sobre el yacimiento durante su hábitat, El Castellar se ha convertido en un importante referente de estudio cerámico para poder conocer el tipo de cerámica existente en él y para poder situarlo cronológicamente. Esto ha dado origen a diversas preguntas: ¿Es el Castellar un yacimiento de continuidad tardorromana? ¿Por qué es abandonado en el siglo XII? ¿Cuándo se inicia el asentamiento en el Castellar?

Como ya se ha dicho el material hallado es un elemento importante para el estudio del yacimiento, pues la metodología empleada durante la excavación no arroja datos claros sobre su datación, por ello se ha llevado a cabo distintos estudios por diversos historiadores que hablan de la cronología del yacimiento. El propio Faus estableció una cronología de hábitat durante la Alta Edad Media hasta el siglo XI<sup>17</sup>, basándose en los restos materiales encontrados durante la excavación, además establece que El Castellar fue abandonado de forma violenta en el 1244, con la conquista cristiana, tras descubrir varios niveles de incendios acompañados de cadáveres con restos de puntas de flechas en su interior. Además Faus habla de un período de separación o despoblación del yacimiento entre el momento final de ocupación en la cima y la fase de asentamiento<sup>18</sup>, según el material cerámico que encontraba en la excavación, pues el otro hallado en la cima era más reciente que el resto.

Actualmente se ha podido estudiar estos cadáveres destacado por Faus y se ha establecido que no pertenecen al abandono de este momento, del siglo XI, como afirmaba su descubridor, sino que son enterramientos que siguen el rito islámico y que se hallan en superpuestos a los estratos de las casas donde se creían enterrados. A ello se le une el hecho de que no existen enterramientos en interiores de hábitat en estos momentos. Por tanto, según G. Perez Botí, se trata de una *maqbara* o cementerio tardoalmohade<sup>19</sup>, ya que era una zona despoblada y fuera de la zona de hábitat que se usa como enterramiento por parte de los últimos habitantes de El Castellar hasta el final de este.

Otro autor, destacado en el estudio de El Castellar, es J. Torró, que establece una cronología de hábitat del siglo X al XIII, si bien cabe la posibilidad de que fuese un asentamiento tardorromano, lo que posibilita ampliar la cronología de inicio, al siglo IX. Para ello Torró se basa en la aparición de ciertas formas cerámicas como son la marmita de base plana y asa de lengüeta, y cerámicas claras del tipo «D». Ante las evidencias mostradas en el yacimiento, Torró, concluye, que el final del yacimiento tuvo lugar entorno el 1255 a causa de la revuelta de al-Azraq y la conquista por parte del rey Jaume I del territorio, que provocó la

---

<sup>17</sup> GUICHARD, P. y TORRO ABAD, J. *Al-Andalus Frente a La Conquista Cristiana: Los Musulmanes De Valencia (Siglos XI-XV)*. Madrid; Valencia: Biblioteca Nueva, 2001, p. 224.

<sup>18</sup> Idem., p. 225

<sup>19</sup> PEREZ BOTÍ, G. Els últims habitans del Castellar d'Alcoi. *Alcoy. Revista de las fiestas de moros y cristianos*: 206, 2015.

expulsión de la mayoría de musulmanes ante su posible participación en dicho alzamiento y batalla en el Benicadell. Tras ello, Torró, habla de la presencia de una guarnición cristiana en El Castellar, cuya presencia fue corta en el tiempo, ya que se ha hallado un óbolo de Jaume I. Así pues, establece el abandono definitivo entorno al 1270, ya que según el *Castum* de Alcoy<sup>20</sup>, es en estos momentos cuando esta tierra es otorgada en un particular como tierra cultivable.

Otro estudio a destacar es el de R. Azuar. Este investigador parte del estudio realizado por Torró y realiza el suyo propio, comparando los materiales extraídos de la excavación de El Castellar y situados en el Museo Arqueológico Municipal de Alcoy con otros materiales de la zona de L'Alcoà, o antigua *qurà* de Tudmir. Así pues llega a la conclusión de que el estudio de Torró no estaba mal planteado, pero habría que matizarlo, pues según los materiales estudiados, no hay ningún material anterior al siglo XI, a excepción de la marmita publicada por Torró<sup>21</sup>, por lo que el asentamiento en el yacimiento no podría ser anterior a este siglo, entre finales del siglo X y durante el XI<sup>22</sup>, pero sí, señala la posibilidad de que la zona utilizada fuera una zona de asentamiento tardorromano y por ello se hallase algún material anterior a la fecha de asentamiento.

Durante el siglo XI, no sólo se crea el asentamiento en altura, sino que este se confirma como cabeza administrativa de otras pequeñas alquerías asentadas alrededor y cerca de los ríos. Hecho que también señala J. Torró. Pero a finales de dicho siglo sufre un abandono, por causas aún desconocidas, ya que según el autor sería necesaria la realización de una investigación de campo para corroborar la hipótesis de abandono en dicho momento. Lo que sí está claro, gracias al estudio cerámico, es la repoblación del asentamiento a finales del siglo XII con el nuevo dominio político almohade. Es ahora cuando se vuelve a poblar el yacimiento pero de forma más reducida, formando una alquería más pequeña y perdiendo su dominio como centro administrativo, poder que será arrebatado por la ciudad de Cocentaina, lo que hace pensar que por ello pase a llamarse castillo o fortaleza en lugar de alquería<sup>23</sup>. Se mantendrá así, como pequeña alquería, hasta su conquista cristiana en el siglo XIII, finalizando su poblamiento con un ataque violento, como muestran los niveles de ceniza, y desapareciendo el asentamiento para fundar uno nuevo cristiano, en las cercanías, la actual ciudad de Alcoy.

Otro gran historiador que ha estudiado este yacimiento es Pierre Guichard. Tras el estudio, en 1984, de una pequeña parte del material cerámico, alrededor de unas 3500 piezas, Guichard, confirmó la teoría de Faus, es decir, la existencia de un período de despoblación, Pero se desconoce la causa de ello. Además, afirma que el material de la cima es más reciente, pudiendo situarlo entre la mitad del siglo XII y mediados del siglo XIII, pero sin superar la fecha de 1270, momento en que el yacimiento fue conquistado<sup>24</sup>. En cuanto a su inicio de

---

<sup>20</sup> GUICHARD, P. y TORRO ABAD, J. *Al-Andalus Frente a La Conquista...* Op. Cit., p. 224.

<sup>21</sup> AZUAR, R. *Denia islámica...* Op. cit., p. 162

<sup>22</sup> Idem., p.162.

<sup>23</sup> Idem. p. 163.

<sup>24</sup> GUICHARD, P. y TORRO ABAD, J. *Al-Andalus Frente a La Conquista Cristiana...* Op. Cit., p. 225.

ocupación, coincide con las conclusiones del historiador Azuar, el asentamiento fue ocupado en el siglo X – XI, según el estudio cerámico que se puede situar en época omeya y taifal.

En resumen, realizando una síntesis de todos los estudios cronológicos propuestos, podemos decir que se trata de un yacimiento situado en altura bien defendido arquitectónica y naturalmente, que fue ocupado a finales del siglo X y principios del XI, destacando como gran centro de área administrativa califal de las pequeñas alquerías que la formaban. A finales del siglo XI, se produce una despoblación del área, desconociendo la causa de ello. A finales del siglo XII, se establece un nuevo planteamiento administrativo, unido a una nueva política, la política almohade, y El Castellar se vuelve a repoblar, solo la cima o celoquia, pero ya no como centro importante, y se mantiene así hasta la llegada de Jaume I a mediados del siglo XIII, que provoca el abandono de este hábitat, posiblemente por las revueltas de al-Azraq y su sublevación en el Benicadell, que al perder inicia la expulsión de la mayoría de los musulmanes en la Corona de Aragón.

#### **4.1.5 Climatología**

La climatología ha sido estudiada con un pluviómetro, termómetro y anemómetro de marca y modelo Oregon WMR200<sup>25</sup>. Todo ello se halla situado en la central meteorológica de Alcoi- ACIF, habiendo otras, también próximas, se ha escogido esta, por su cercanía al yacimiento, y por estar situada a los pies del cerro. Esta central meteorológica, ubicada en la Agrupación Contra Incendios Forestales de Alcoi (ACIF) empezó a funcionar el 1 de enero del 2009 y todavía hoy continúa en funcionamiento.

Con los datos obtenidos, a través de la estación meteorológica Alcoi – ACIF, extraídos de la web de meteorología [www.acifalcoi.com](http://www.acifalcoi.com), se puede establecer un pequeño resumen del clima que afecta a las estructuras del yacimiento.

Así pues, tras la observación de la tabla anual de este año, 2015, donde se muestran datos relevantes como máximas y mínimas de temperatura, lluvia y humedad, que es lo que interesa para el estudio de patologías, daños y conservación preventiva del aljibe de El Castellar. Y su comprobación, ya más certera en las tablas mensuales, se puede concluir:

En lo relevante a la **temperatura**. El mes más cálido de este año 2015 ha sido el mes de julio, presentando una máxima de 39.3 °C<sup>26</sup>, con una fuerte actividad solar, aunque esta es superada los meses anteriores<sup>27</sup>, mayo y junio, a pesar de que sus temperaturas en el aire son menores. En cuanto a la temperatura más baja, tiene lugar en febrero, llegándose a registrar 5,3 grados por debajo de 0 °C<sup>28</sup>. Una constante que se mantiene algo por encima de esta y de

---

<sup>25</sup>Agrupación Contra Incendios Forestales de Alcoi. ACIF. Disponible en: <http://www.acifalcoi.com/meteorologia/meteoclimatic/>. [Consulta: 1/9/2015].

<sup>26</sup>Anexo1. Climatología. Tabla 1.

<sup>27</sup>Anexo1. Climatología. Tabla 2 y 3.

<sup>28</sup>Anexo1. Climatología. Tabla 4.

los 0 °C durante todo el mes. A este se le suman los otros meses de invierno como diciembre y enero. Así pues tras la revisión de las temperaturas y la actividad solar se puede concluir que el yacimiento sufre fuertes condiciones climáticas en los meses claves de las estaciones de verano e invierno, mientras que los periodos más suaves, de primavera y otoño, son más cortos, ya que estos duran pocos meses, posiblemente un par de meses por estaciones, pues rápidamente el clima se endurece en esta ciudad.

En cuanto a la **humedad relativa** a la que está expuesta la estructura, según los datos obtenidos por la estación y tras realizar los cálculos, necesarios mes a mes, se ha obtenido una media de entre 50 y 60% de humedad relativa en este año 2015. Además de ello, se puede observar que el dato de humedad más elevado fue recogido en Enero, llegando al 100 por cien de humedad<sup>29</sup>, mientras que su mínimo se registró en marzo con un 11 por ciento<sup>30</sup>. Sin embargo en el mes de marzo, que es el mes, según los datos, de menor humedad relativa, se ha registrado una mayor actividad de pluviosidad<sup>31</sup>, llegando a alcanzar, la cantidad máxima caído en un día (30.0 mm por metro cuadrado)<sup>32</sup>, así pues se observa una fuerte variación de humedad relativa que afecta a la estructura del aljibe, creándole serias patologías, que más adelante detallaremos.

#### **4.1.6 Estado de conservación del yacimiento y en especial del aljibe**

El Castellar se caracteriza, como ya hemos dicho, por ser un yacimiento arqueológico de época islámica en altura con un complejo acceso, que permite una buena defensa del territorio, en el momento de ocupación, pero que en la actualidad lo convierte en un yacimiento de difícil maniobra para la entrada de materiales y de personal, pues a él se accede, en sus dos vertientes de acceso, por rampas de tierra batida. A ello se le une el



hecho de ser un yacimiento incompleto, es decir, que no está excavado en su totalidad, lo que genera problemas de vandalismo, que se explican más adelante, pero a la vez, lo convierte en un referente histórico y cultural importante de conservar, pues todavía tiene mucho que mostrar y enseñar tanto los investigadores como a la población de Alcoy.

---

<sup>29</sup> idem

<sup>30</sup> idem

<sup>31</sup> Anexo 1. Climatología. Tabla 5.

<sup>32</sup> idem

Presentado el yacimiento hay que señalar que este no se encuentra en buenas condiciones de conservación, como se ha dejado entrever anteriormente. El yacimiento fue excavado en los años sesenta y principios de los setenta y, en estos momentos, no era primordial la conservación de las estructuras, además fue una excavación, en principio de urgencia, pues se iban a realizar unas obras en una zona cercana y el yacimiento estaba en peligro de desaparecer, por ello era importante la recopilación de datos para protegerlo y que no se destruyese. Por todo ello al llegar a El Castellar el visitante se halla con estructuras, casi desechas, muros a ras de suelo, en la cima, que dejan ver, con dificultad, lo que fue una celosía<sup>33</sup> con un patio interior y pequeño aljibe (éste último se ve con mejor claridad pero en malas condiciones). La causa de esta mala visión de los restos arqueológicos, viene dada por la mala conservación realizada por las estructuras que, a lo largo del tiempo, han permitido que las inclemencias climatológicas hagan mella en ellas y provoquen erosiones, fracturas, desprendimiento, etc....



Fig. 6. Vista general de los restos de la zona baja de El Castellar.

En cuanto a la segunda zona descubierta, conocida como zona baja, no se halla en mejores condiciones. Es una zona de estancias, de las cuales quedan pocos restos o son casi inexistentes y un aljibe más grande que el de la cima. Esta zona sufre las mismas alteraciones que las estructuras situadas en cima, pero con mayor gravedad al estar en una zona de escorrentía, provocando una mayor erosión.



Fig. 7. Indicio de expolio en una estructura en la zona de la cima.

Pero además, el yacimiento, a pesar de su difícil acceso, se ve amenazado por causas antrópicas. En años anteriores, 2013<sup>34</sup> y 2014<sup>35</sup>, el Museo Arqueológico de Alcoy y el Centre

Alcoià d'Estudis Històrics i Arqueològics (CAEHA) han realizado visitas culturales al yacimiento para darlo a conocer y, con ello, se han realizado actuaciones de limpieza del entorno de las estructuras, para eliminar la flora que las cubre. Estas actividades son positivas para el conjunto islámico. Pero como se ha dicho, en ocasiones, el yacimiento ha sido expuesto a vandalismo, ya que se han hallado indicios de expolio, siempre cercanos a las estructuras, y

<sup>33</sup> Reducto central en la zona más alta del recinto, Donde se hallan las típicas dependencias de un castillo, como, aljibes, viviendas, y la Torre del Homenaje. En esta zona suele residir el Alcalde del castillo, o en este caso de la fortaleza.

<sup>34</sup> SEGURA MARTÍ, J.M., Museu Arqueològic Municipal d'Alcoi Camil Visedo i Moltó. Memòria d'activitats de 2013. [en línea ] Recerques del museu d'Alcoi. (22 – 23): 195 – 204, 2013 – 2014 [Consulta: 3/9/ 2015]. p. 198 – 199

<sup>35</sup> SEGURA MARTÍ, J.M., Museu Arqueològic Municipal d'Alcoi Camil Visedo i Moltó. Memòria d'activitats de 2013. [en línea ] Recerques del museu d'Alcoi. (24): 197 – 203, 2013 – 2014 [Consulta: 3/9/ 2015]. p. 200 – 201

parte de los muros han sido utilizados para señalar otras zonas en el yacimiento, posiblemente futuros expolios.

#### 4.1.7 Patologías del aljibe

El aljibe a estudiar se caracteriza por ser estructura de manufactura medieval musulmana, realizada con la técnica del tapial. Esta técnica era la más frecuente, junto con la mampostería, entre los musulmanes<sup>36</sup>.

Así pues, el tapial se forma de dos componentes: los materiales externos y los materiales internos. El primer grupo lo forma el llamado encofrado o *lūh*. Este es un cajón rectangular de cuatro tableros o paredes (ver A y B en la Fig. 8 y 9), formadas, a su vez, por 3 ó 4 tablones (ver C,D y E en la Fig. 8 y 9). Dicho cajón se componía de dos tableros largos (A) y otros dos cortos (B), que reciben el nombre de *costeres*<sup>37</sup>, y servían para cerrar el cajón por sus extremos más cortos. La unión de estos maderos se conseguía con travesaños o agujas que se colocaban en la base, de forma horizontal (ver G en la Fig. 8 y 9), y, perpendicularmente a estos (ver F en la Fig. 8 y 9), engarzados con cuñas, se ponían otras agujas cuyos extremos sobrantes en la parte de arriba se ataban para mantener el cajón totalmente cerrado (ver H en la Fig. 8 y 9), dejando la parte superior despejada para verter la mezcla o mortero.

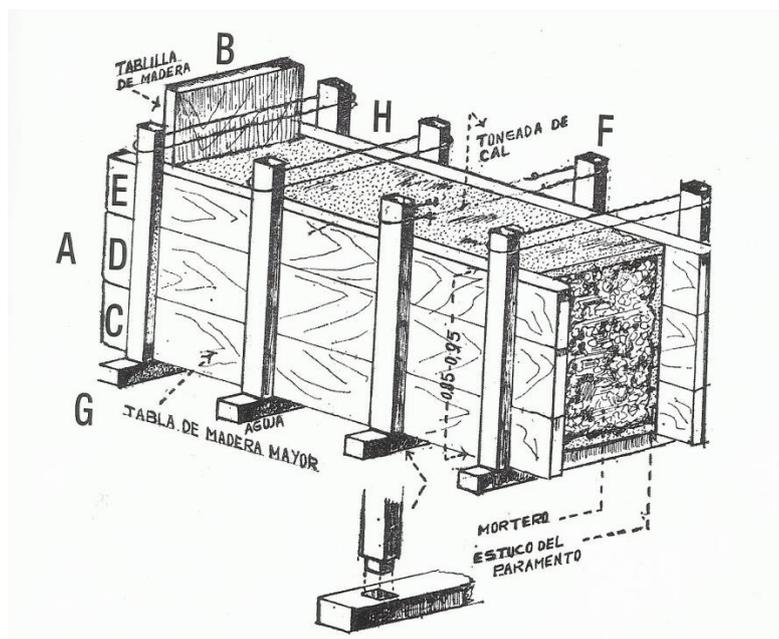


Fig. 8. Elementos materiales del encofrado: A tableros largos. B tableros cortos o costeres. C, D y E tablas, F, madera vertical. G madera horizontal o aguja. Ambas cerraban el encofrado con un enganche -H. (LÓPEZ ELUM, P. *Los castillos valencianos en la Edad Media: (materiales y técnicas constructivas)*. Valencia: Biblioteca Valenciana, 2002, Vol. II, p. 177).

<sup>36</sup> LÓPEZ ELUM, P. *Los castillos valencianos en la Edad Media: (materiales y técnicas constructivas)*. Valencia: Biblioteca Valenciana, 2002, Vol. II, p.155.

<sup>37</sup> Idem, p.157.

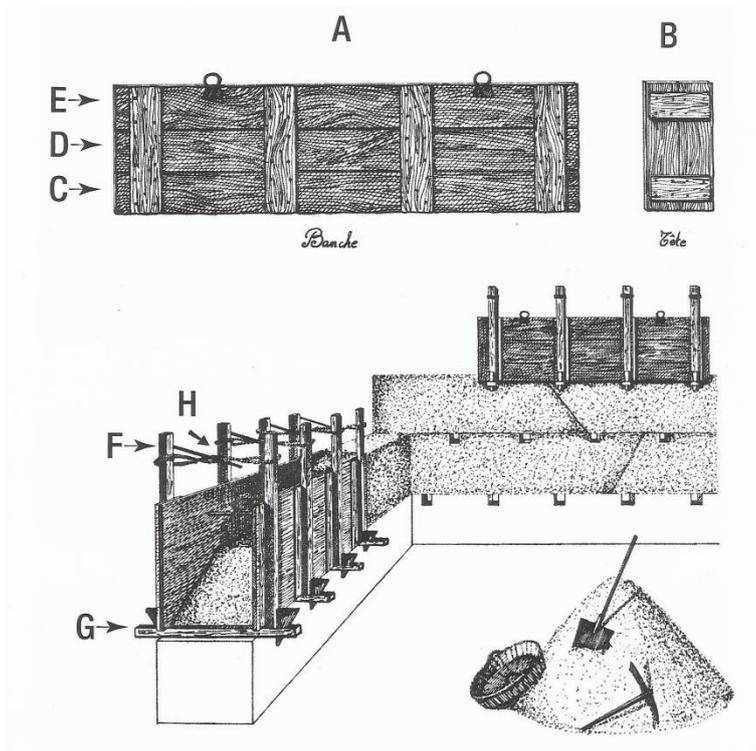


Fig. 9. Perfil de los elementos materiales del encofrado. (LÓPEZ ELUM, P. *Los castillos valencianos en la Edad Media: (materiales y técnicas constructivas)*. Valencia: Biblioteca Valenciana, 2002, Vol. II, p. 178).

El segundo grupo, el material interno, hace referencia a los materiales de los que se compone el mortero que forma la estructura. Los materiales generalmente utilizados eran: la cal, tierra, piedra y grava, es decir, materiales del entorno más próximo a la construcción, y bien podían hallarse todos en un mismo mortero o no.

A la hora de introducir el mortero en el encofrado este se realizaba mediante capas, que se presionaban para evitar burbujas de aire y así obtener una estructura más sólida<sup>38</sup>. Una vez colmatado el cajón y seco este se quitaba, a excepción de las agujas de la base (ya que se quedan adheridas con el mortero) y se realiza un nuevo cajón en la parte superior.

En cuanto al aljibe de El Castellar, como ya se ha dicho, se utilizó esta técnica, con un tapial de arena y grava de diferente granulometría, tal y como se ha podido indicar con el análisis realizado. Es una construcción rectangular con ángulos redondeados y totalmente enlucida para darle impermeabilidad y regularidad a la superficie, una actuación muy característica de este tipo de construcciones, pues los tapias suelen quedar irregulares y por ello se enlucen la superficie, además de para poder cerrar los agujeros dejados por las agujas<sup>39</sup>. Además en sus paredes se han observado restos de pigmentación rojiza con repicado,

<sup>38</sup> Idem. p. 159

<sup>39</sup> Idem.

intervención que se realizaba para que la pigmentación a la cal, que es la realizada en este aljibe, tal y como se ha deducido de los análisis efectuados, penetrase mejor en la estructura<sup>40</sup>.

El aljibe mide, por su cara interna 11,8 x 2,95 metros. En cuanto a su altura, esta solo puede ser aproximada, ya que su base se halla colmatada, es de 1,60 metros. El grosor de las paredes son entre 0'61 y 0'62 metros. En cuanto a la cajonada o encofrado, este solo se ha podido medir la longitud de un cajón visible dando una cifra de 1'90 metros, pero su altura no se pudo medir ya que las marcas no son correctamente visibles para tal fin.

A causa de los factores descritos anteriormente, la estructura del aljibe presenta una serie de daños. A continuación se detallan y muestran, mediante fotografías, dichas patologías específicas:

1. Numerosas fisuras y roturas en toda la extensión de sus cuatro muros restantes a causa de los cambios climáticos y la intrusión de la flora y la fauna.



---

<sup>40</sup> Idem. p. 197

2. Rotura e intrusión de las raíces de flora mayor, como son los arboles del entorno, que no sólo se introducen por el muro, sino también en la superficie del aljibe.



3. Erosión y desprendimiento del enlucido o capa superficial de la estructura, exponiendo, desde hace tiempo, el núcleo de las estructuras a las inclemencias climáticas.



4. Enraizamiento de la flora baja sobre los muros y superficie del aljibe.



5. Presencia de micro-fauna o insectos que depositan sus excrementos, realizan telarañas o agujeros en los muros para vivir en ellos.



6. Colonización de microorganismos a causa de la humedad en la zona.



Tras la identificación de las patologías del alije, se ha realizado un mapa de daños en las que se han marcado los daños más relevantes.

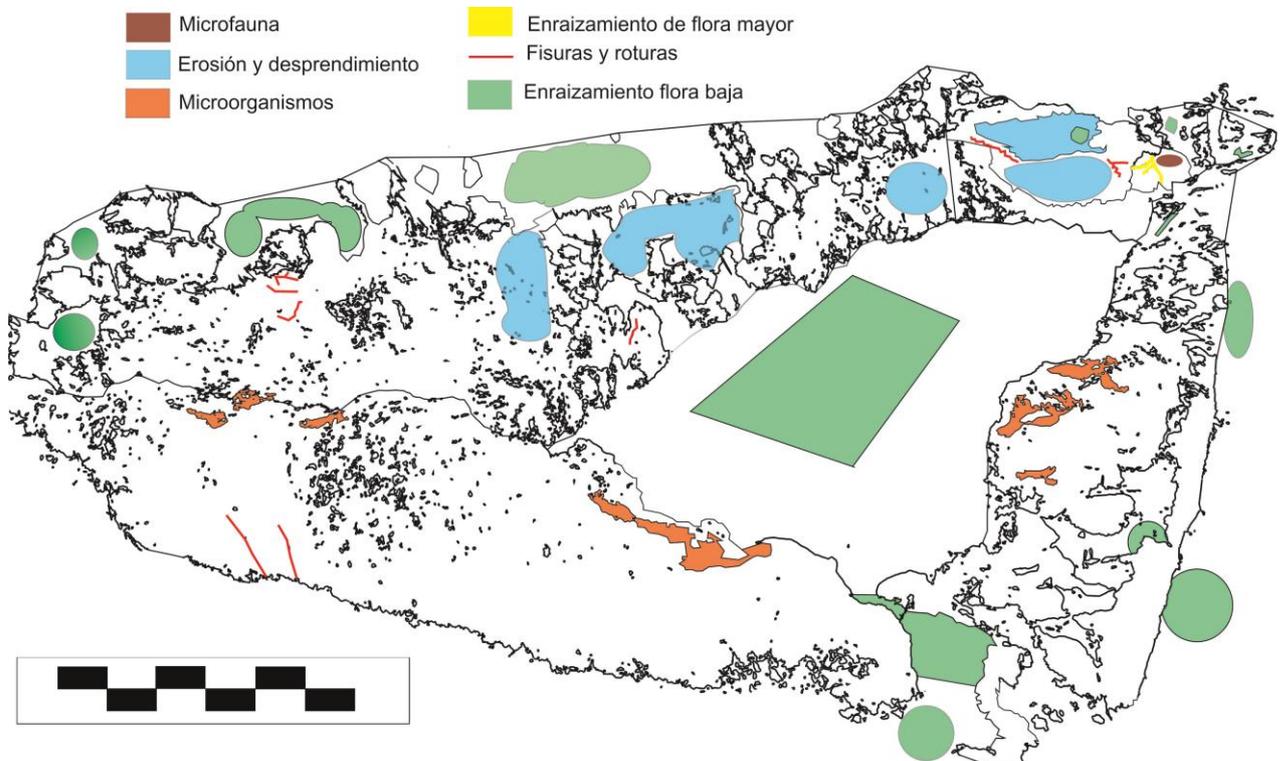
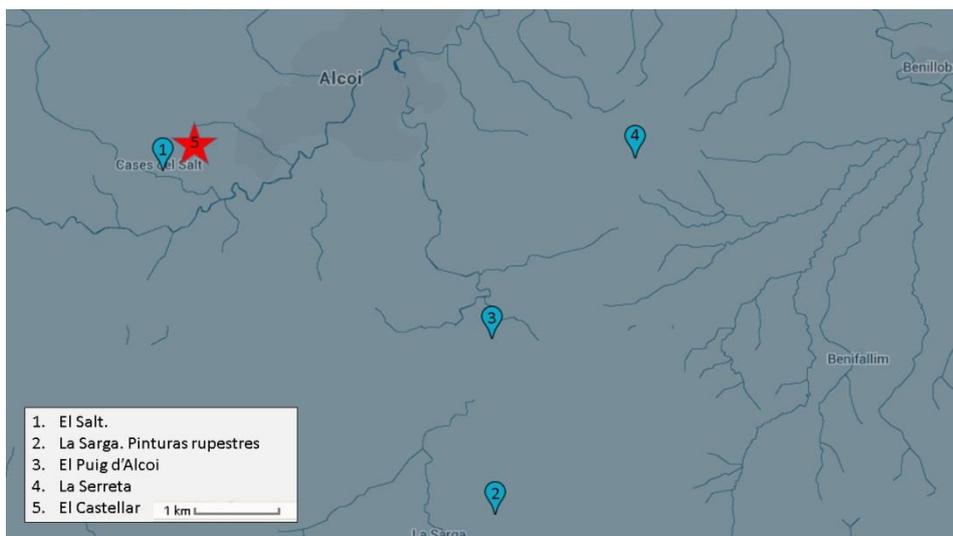


Fig. 10. Mapa de daños del aljibe de El Castellar.

## **4.2 El entorno: yacimientos cercanos**

El yacimiento presenta una situación privilegiada, no sólo por las vistas que ofrece en la actualidad y en su momento de ocupación, por supuesto, ya que permitía observar toda la llanura de la zona y vigilar la llegada del enemigo, sino porque además



presenta un entorno natural excelente y varios

Fig. 11. Localización de los yacimientos más cercanos a El Castellar.

yacimiento cercanos que permiten la creación de una ruta turística para conocer otros yacimientos importantes a su alrededor.

Los yacimientos arqueológicos que podemos encontrar cercanos a El Castellar son:

### **4.2.1 El Salt**

Es el más cercano, de todos, a El Castellar. Se localiza en la cascada del Barxell, dentro de la cuenca alta del río Serpis. Sobre una plataforma al pie de una pared vertical elevada unos 700 metros de altitud<sup>41</sup>. Es un yacimiento musteriense, que junto a L'abríc del Pastor (Alcoi) y la Cova Beneito (Muro) forman uno de los primeros poblamientos humanos de la comarca de l'Alcoià.

Es un asentamiento al aire libre cuyo descubrimiento fue realizado por Juan Faus Cardona en 1959, iniciándose las primeras excavaciones un año después entre el Museo Arqueológico Municipal de Alcoi y la universidad de Barcelona. Posteriormente, hasta la actualidad, estas excavaciones son llevadas de forma pluridisciplinar entre estas entidades y la Universidad de La Laguna, que es la que coordina los trabajos cada temporada.

El Salt, es un yacimiento que se halla en muy buen estado de conservación, pues carece de estructuras y al finalizar la etapa de excavación anual, el área de trabajo es cubierta con los materiales adecuados, geotextil, tierras, etc.,....

<sup>41</sup> GALVÁN SANTOS, B. El salt. En AURA TORTOSA J.E.; y SEGURA MARTÍ J.Mª. (coord.) *Catálogo Museu Arqueològic Municipal camil Visedo Moltó. Alcoi*. Alcoi: Ayuntamiento de Alcoi – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2000. p. 59

Ello lo convierte en un yacimiento que sólo puede ser visitado en el momento en el que se está trabajando en él, que es en verano, durante el mes de agosto. Por ello se realizan jornadas de puertas abiertas, mostrando los trabajos y estudios que se están llevando a cabo sobre el yacimiento y la información que extraen de él; y se permite la entrada de visitantes, mientras los voluntarios y arqueólogos trabajan en el yacimiento.

#### **4.2.2 La Sarga**

Uno de los yacimientos de mayor interés en arte rupestre del arco mediterráneo, ya que en él se hallan las tres expresiones de este arte postpaleolítico. Este yacimiento se ubica en el término municipal de Alcoy (Alicante) y recibe su nombre por un caserío cercano, el caserío de la Sarga. El yacimiento está formado por tres abrigos que fueron descubiertos en 1951, en el margen derecha de la Cova Foradá. Se hallaron superposiciones de imágenes unas diferentes de otras, Arte Macroesquemático, Arte Levantino y Arte Esquemático, lo que permitió establecer su secuencia cronológica, convirtiéndolo en un referente arqueológico excepcional.

Al igual que todas las manifestaciones de arte rupestres de la zona del Mediterráneo de la Península Ibérica, este conjunto fue protegido a partir de 1998, incluyéndose en la lista del Patrimonio Mundial de la Unesco<sup>42</sup>. A partir de ahí se llevaron a cabo medidas de protección y conservación, tal y como marca la ley de Patrimonio Histórico Español y la ley de Patrimonio Cultural Valenciano. En el año 2000 el ayuntamiento de Alcoy y la Dirección General de Patrimonio Artístico (DGPA) inician un proyecto de intervención en el conjunto de pinturas rupestres de la Sarga para limpieza, consolidación y un mejor acceso y mejora de las protecciones con el fin de adecuar el entorno a los visitantes, respetando las pinturas y que estas no sufran. Por todo ello se puede decir que este es un yacimiento que se halla en muy buen estado de conservación en el que se puede observar:

En el Abrigo I se han identificado 41 motivos, muchos de ellos superpuestos y de diferentes características técnicas de ejecución, lo que permite identificarlas como dos tipos de arte diferentes de los ya mencionado anteriormente: Arte Macroesquemático y Arte Levantino. En este grupo se descubren figuras antropomorfas, motivos geométricos y dos árboles<sup>43</sup>. El Arte Macroesquemático de este conjunto se identifica en figuras serpentiformes y círculos que hacen de cabeza y que se muestran con un trazo grueso, en ocasiones algo más fino, pero de pintura densa. Sobre estos se encuentra el Arte Levantino, mostrando animales, ciervos, con

---

<sup>42</sup> MARTÍNEZ VALLE, R. La Sarga (Alcoy, Alicante) un proyecto para la conservación del yacimiento. En HERNÁNDEZ PÉREZ, M. Y SEGURA MARTÍ, J. M. (coord.) *La Sarga. Arte rupestre y territorio*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2002. p. 196

<sup>43</sup> HERNÁNDEZ PÉREZ, M. La Sarga. En AURA TORTOSA, J.E.; y SEGURA MARTÍ, J.Mª. (coord.) *Catálogo Museu Arqueològic Municipal camil Visedo Moltó. Alcoi*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2000. p. 87

flechas y sangrando<sup>44</sup>, son animales mejor representados, con una mejor anatomía, respecto al arte anterior.

En el Abrigo II se encuentran los tres tipos de artes no superpuestos, gracias a la gran extensión que presenta dicho abrigo, permitiendo una buena visión, por conjuntos, de los diferentes tipos de Arte prehistórico que se muestran en este yacimiento y de su ejecución. De este conjunto destaca el llamado “Brujo de La Sarga”, una figura serpentiforme con cabeza (en forma de círculo) y al que se le pintó prolongaciones como cuernos, realizando un Arte Macroesquemático. El Arte Levantino se halla a ambos extremos del abrigo. Como Arte Esquemático destacan las figuras humanas, una de ellas denominada en “phi” por ser una barra vertical que se ensancha en la parte superior, a modo de punto, para realizar la cabeza y con los brazos en jarra<sup>45</sup>. Destacamos su extremo izquierdo, un pequeño cubículo, que tras la Intervención del Instituto de Arte Rupestre, no solo en este abrigo, pero si en gran medida, pues se hallaba lleno de hollín y la parte baja está desgastada por el paso de los animales lo que provoca que las pinturas estén bastante deterioradas, todas ellas formando un conjunto de pinturas de Arte Levantino.

En el Abrigo III, Apenas se han hallado una decena de imágenes, es el más pequeño de todos y el que más deteriorado se presenta de los tres.

#### 4.2.3 El Puig

Este poblado ibérico se halla en la cima de un macizo rocoso al sudeste de la ciudad de Alcoy, a escasos kilómetros del Castellar. Se trata de un poblado en altura a unos 890 m de altitud y asentado sobre un sistema de aterramiento y cuya extensión va entre 1 y 1'5 hectáreas.

Este yacimiento fue descubierto en el siglo XX tras los trabajos típicos de roturaciones del campo, que dejaron al descubierto diversas cerámicas<sup>46</sup>. A partir de entonces se llevan a cabo numerosas campañas de excavaciones, de forma irregular en el tiempo.

Este yacimiento es conocido en su fase ibérica, por su cerámica y estructuras, que permiten situar el yacimiento desde finales del siglo VII a.C. hasta finales del IV y principios del III a.C., fechas establecidas tras el estudio arqueológico del territorio y de los materiales excavados<sup>47</sup>.

---

<sup>44</sup> Idem. p. 87– 88.

<sup>45</sup> Idem. p. 90

<sup>46</sup> BARRACHINA IBAÑEZ, A.M. y MOLTÓ GISBERT, S. El Puig (Alcoy). En AURA TORTOSA, J.E.; y SEGURA MARTÍ, J.M<sup>º</sup>. (coord.) *Catálogo Museu Arqueològic Municipal camil Visedo Moltó. Alcoi*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2000. p. 101.

<sup>47</sup> GRAU MIRA, I y SEGURA MARTÍ, J.M *El oppidum ibérico de el Puig d'Alcoi. Asentamiento y paisaje en las montañas de la contestania*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Museo Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó, 20013. p. 39

Tras la finalización de la excavación de este *oppidum*, o poblado en altura y fortificado, se realizaron las tareas de conservación de las estructuras excavadas y expuestas a la intemperie y la musealización al aire libre del yacimiento, mediante cartelería, diferenciación de los espacios con diferentes tipos y granulometrías de piedras, consolidación de muros y visitas guiadas para el conocimiento y concienciación de la población del patrimonio histórico. Por todo ello se puede decir que el yacimiento se halla en muy buenas condiciones de conservación.

#### 4.2.4 La Serreta

El yacimiento está formado por un poblado, una necrópolis y un santuario de época ibérica, situados en la montaña que da nombre al yacimiento, La Serreta, y que se sitúa en el centro de las comarcas de L'Alcoià y El Comtat a unos 1050 m. de altitud<sup>48</sup>.

El yacimiento fue descubierto en 1917 y excavado, durante 15 campañas, entre 1920 y 1955, difundiendo, a la vez, su gran importancia, de forma que en 1931 fue declarado Monumento Histórico- Artístico.

El poblado, según los datos obtenidos en el momento de excavación, mide unas 5'5 hectáreas, aunque es probable que este dato sea superior teniendo en cuenta la irregularidad de la orografía<sup>49</sup>. Así pues el poblado se asienta siguiendo la sinuosidad de la montaña, adaptándose a sus curvas y pendientes inclinadas en dirección este- oeste a lo largo de toda la cresta, mediante aterrazamientos. Y todo ello estaba protegido por una muralla de 2 metros de grosor, bordeando toda la cresta de la Serreta y dejando un acceso al poblado por el lado oriental. Este acceso se caracteriza por tener una torre a un lado y un muro avanzado al otro, lo que formaba un pequeño pasillo como entrada al poblado, permitiendo una mejor vigilancia de éste. Por su situación, que domina todo el territorio, ambas comarcas ya citadas, y por su extensión, además de por los materiales encontrados<sup>50</sup>, los estudios hablan del conjunto de la serreta como la capital del territorio de las comarcas de L'Alcoià y El Comtat<sup>51</sup>. A ello se le une la existencia de un lugar de culto, el santuario, y una extensa necrópolis con numerosos ajuar.

El santuario se halla en la zona más alta del yacimiento, en el extremo occidental del poblado y en ella se hallaron numerosos exvotos de formas antropomorfas, como ofrenda, se cree, a la Gran Diosa Madre, que no fue hallada en el Santuario sino en un departamento en el poblado<sup>52</sup>. Su cronología va del Siglo IV a.C. al III a.C., época de mayor esplendor del poblado, para ser abandonado hasta ser, utilizado de nuevo, en época romana en el siglo I d.C y la

---

<sup>48</sup> OLCINA DOMENECH, M. La Serreta (Alcoy, Cocentaina, Penàguila). En AURA TORTOSA, J.E.; y SEGURA MARTÍ, J.M<sup>a</sup>. (coord.) *Catálogo Museu Arqueològic Municipal camil Visedo Moltó. Alcoi*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2000. p. 105.

<sup>49</sup> Idem.

<sup>50</sup> Como son los múltiples láminas de plomo con escritura greco ibérica y levantina, cerámicas de importación y de taller propio, grandes fortificación, etc....

<sup>51</sup> Idem. p. 108.

<sup>52</sup> Idem. p. 109

segunda mitad del siglo III d.C. hasta el siglo VI d.C., hecho constatado por el material romano hallado durante su excavación.

Finalmente en cuanto a la necrópolis se halla en la vertiente sur, junto a la puerta de acceso al poblado, a las afueras de éste. Fue descubierta en 1987 y se han descubierto 80

tumbas. En todas ellas, como es costumbre en la cultura ibera, se hallan urnas con cenizas y objetos que acompañan al difunto, así pues se trata de una necrópolis de incineración. Uno de los objetos más destacados, que se han hallado en la necrópolis de la serreta, es la falcata ibérica damasquinada, que se halla en muy buenas condiciones y casi ni flexionada, lo que ha permitido que no se produzca ninguna rotura. Actualmente se halla expuesta en el museo en una vitrina con humedad y temperatura controlada, tras el proceso de limpieza.

En cuanto al estado de conservación del yacimiento, hay que decir, que éste no es el más óptimo, pues el acceso al yacimiento es largo y pesado, no es de difícil acceso, pero el ascenso es tedioso y cansado, por lo que el mantenimiento del yacimiento no se lleva a cabo continuamente, así pues se pueden ver las estructuras excavadas, pero con cierta dificultad a causa de la vegetación, lo que a la larga puede causar serios daños en los muros. Tampoco hay cartelería que explique un poco el yacimiento, para el turista, aunque se espera que en su aniversario esto cambie y se mejore su conservación.

# **I**NVESTIGACION **EXPERIMENTAL Y** **ANALISIS**



## **5. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS**

### **5.1 Informe analítico del aljibe**

#### **5.1.1 Introducción y objetivos**

Para saber qué tipo de materiales se han de utilizar en la fase de investigación, antes se han realizado diversos análisis para conocer la composición de la estructura. Estos análisis han sido efectuados en el Laboratorio de Análisis Físico-Químico y Medioambiental del instituto de Restauración del Patrimonio (IRP) de la Politécnica de Valencia (UPV) con la ayuda de la doctora Laura Osete Cortina.

A través de estos análisis se ha obtenido información morfológica, químico-mineralógica y granulométrica de una muestra de mortero extraído del aljibe del yacimiento de El Castellar de Alcoy, a través de diversos análisis que se detallan a continuación.

Para el estudio morfológico se ha utilizado la técnica de Microscopía Óptica para ver las características de la muestra.

En el análisis químico-mineralógico se ha llevado a cabo la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido con Microanálisis de rayos X (SM/EDX) y la técnica de Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR).

Finalmente, para el estudio granulométrico se ha realizado un tamizado para determinar la dosificación del mortero.

#### **5.1.2 Descripción de la muestra**

Las muestras fueron extraídas y recogidas en el yacimiento mediante el trabajo de investigación en campo. Para ello se acudió al lugar y se seleccionaron diversos puntos de extracción de muestras. Todas las muestras extraídas han sido utilizadas en el análisis, tanto la del lado este de la pared, como la del lado norte, que presenta una capa pictórica; y unificadas en una muestra única (M1) para realizar las pruebas analíticas, ya que la cantidad era escasa y requería dicha unión.

Por ello hay que señalar que los datos obtenidos son estimados, pues la muestra no es representativa de toda la estructura arqueológica, pues hablamos del análisis de una sola muestra, bueno en realidad de dos muestras unidas en una, pero aun así insuficientes para ser características del aljibe, pues sería necesario un mínimo de 3 muestras diferentes y extraídas en distintas alturas, para ello.

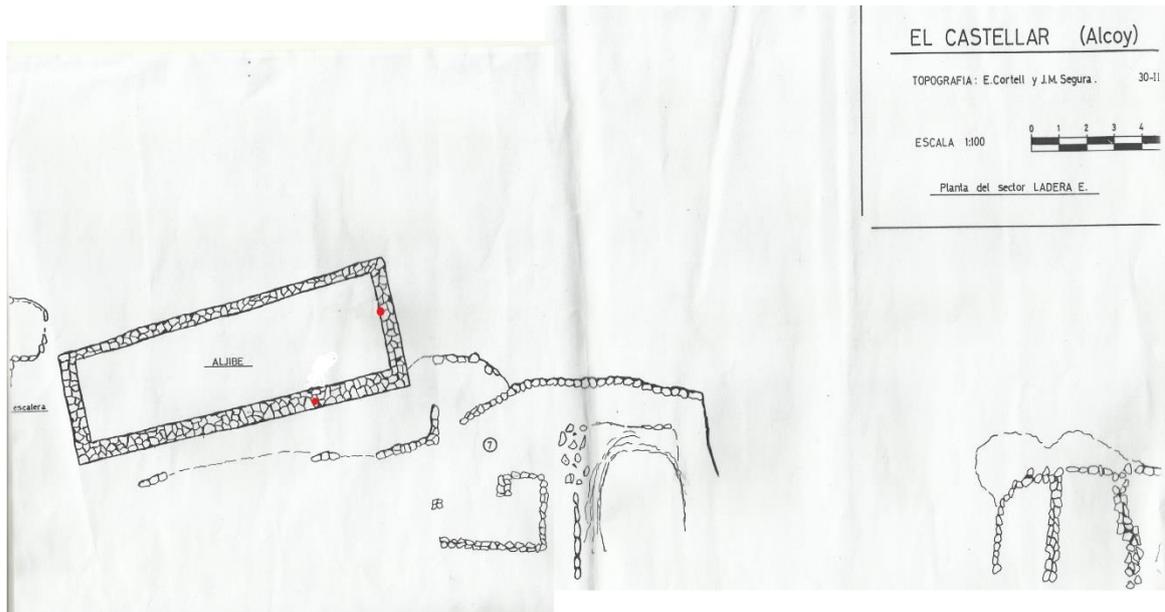
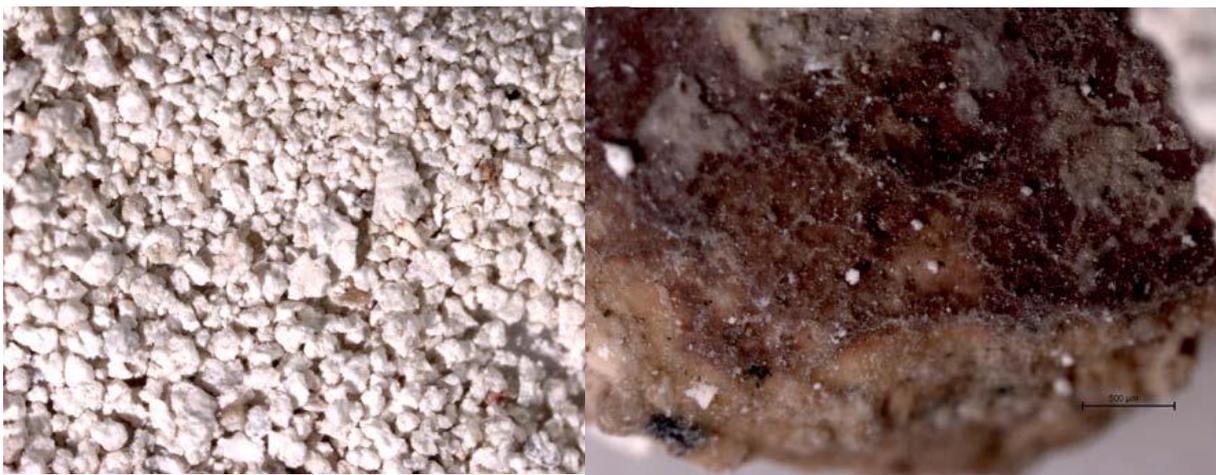


Fig. 12. Mapa de extracciones de muestras, donde se aprecia con un punto rojo la zona de extracción.

Gracias a la microscopía óptica se puede observar la muestra de cerca, tanto la muestra del mortero que se va a utilizar para la microscopía electrónica de Barrido, que se caracteriza por ser una muestra completa, es decir, una pequeña pieza de mortero del aljibe con capa pictórica de color rojiza (perteneciente al lado norte del aljibe); como la muestra que será utilizada para el análisis granulométrico y FT-IR, que es la muestra del lado este machacada. En realidad todo es la misma muestra, pero está partida en dos para utilizarla en varios análisis diferentes.



Fig. 13. Fotografías de detalle y de aspecto general de la muestra mediante microscopía óptica. (OSETTE Cortina, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. *Informe analítico 1-15-02*. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015. p.3)



Como se observa en las fotos y según el informe obtenido: se trata de un material blanquecino disgregado con presencia de capa pictórica rojiza y en algunas zonas una costra ocre superficial <sup>53</sup>.

### **5.1.3 Resultados por Microscopia Óptica**

Para el estudio de microscopia óptica se ha estudiado una muestra representativa de todo el mortero, por su sección transversal de corte pulido.

Tras obtener la muestra del aljibe se seleccionó aquella que mostraba todas sus capas o estratificaciones para un mejor estudio morfológico. Después se introdujo la pieza en un molde de silicona, con una capa, previamente endurecida, de resina poliéster Compositesart<sup>®</sup> de colada con catalizador 3501 S. Y sobre esta se vertió una segunda capa de dicha resina para dejar endurecer. Tras ello se cortan los bordes con herramientas mecánicas y se pulen con discos mojados de papel abrasivo de diferentes granulometrías para aproximarse lo máximo a la muestra.

Los resultados se han obtenido con una lupa binocular Leica S8AP0, X10-X80, con sistema fotográfico digital acoplado, permitiendo observar textura, tonalidad, tamaño, distribución, etc. La visión transversal de la muestra deja ver un material blanquecino poroso y poco compacto entre el cual se observan granos medianos subangulosos en una matriz cristalina de ocre claro<sup>54</sup>. Además se puede observar la presencia de caliches, que si bien la muestra no es representativa del aljibe completo, hace pensar que no es el único caliche presente en la estructura ya que se trata de una obra medieval y de manufactura artesanal lo que la hace más propensa a la presencia de estas anomalías. Algunos fragmentos presentan una pátina ocre, posiblemente suciedad. También se ha hallado un estrato pictórico rojizo de espesor irregular.

---

<sup>53</sup> OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. *Informe analítico 1-15-02*. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015. p.3

<sup>54</sup> Idem. p 4.

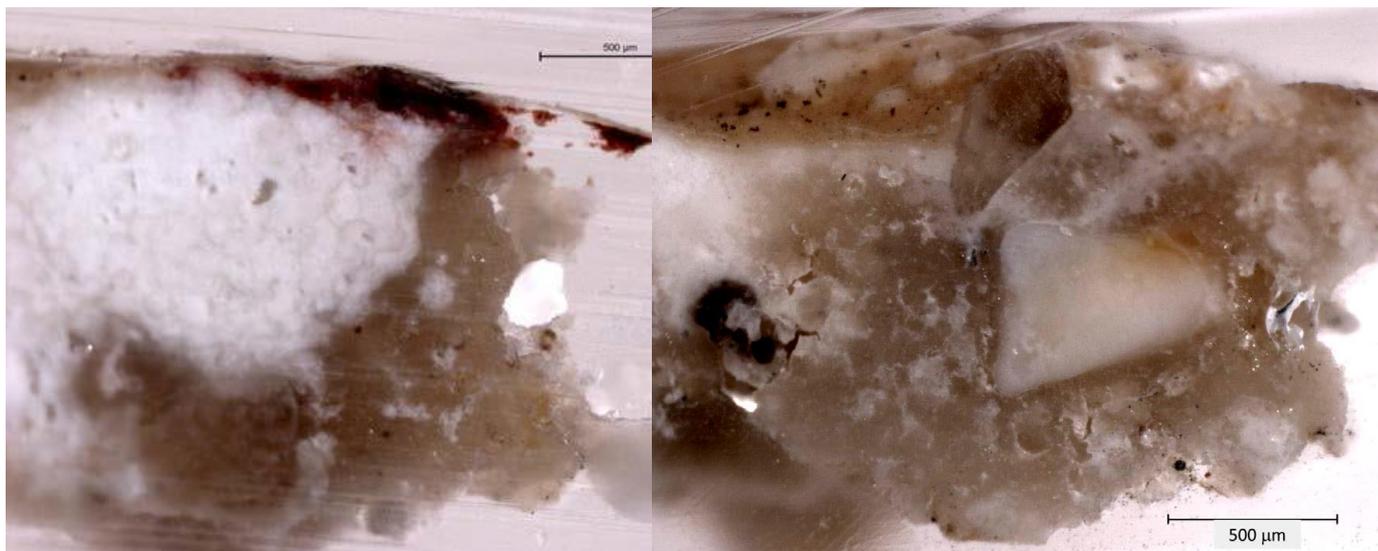


Fig. 14. Microfotografías de sección transversal de la muestra M1. A la izquierda se observa la presencia de caliche. En la derecha se puede ver algunos granos subangulosos que forman el mortero. (OSETTE Cortina, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. *Informe analítico 1-15-02*. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015. p.4).

#### **5.1.4 Resultados por Microscopia Electrónica de Barrido con Microanálisis de rayos-X (SEM/EDX)**

Se analizan las características químicas de la muestra mediante la Microscopia Electrónica de Barrido, utilizando para ello un microscopio JEOL JSM con sistema de microanálisis Link-Oxford-Isis, operando a 20 kV de tensión de filamento,  $2 \cdot 10^{-9}$  A de intensidad de corriente y distancia de trabajo 15 mm. Recubriendo la muestra, previamente, con carbono.

Tras el análisis se puede afirmar que se trata de un material que ha sufrido el paso del tiempo y las inclemencias climáticas y humedades, pues se halla en un alto grado de descohesión, ya que las imágenes obtenidas por electrones retrodispersados muestran microfisuras y orificios en sus estratos más internos<sup>55</sup>.

Se ha determinado que tanto el árido como el ligante están compuestos, mayoritariamente por calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) hallando, de forma puntual o aislada, algún grano de sílice o cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ). Esto se puede ver a través del análisis puntual y en área del espectro de Rayos-X<sup>56</sup>. Así pues se puede hablar de la presencia de un mortero de cal con algunos componentes, de forma minoritaria, de silíceos (cuarzo y minerales arcillosos) y compuesto salinos (sulfatos y cloruros). No hay que olvidar que se trata de una estructura a la intemperie y es posible que de presencia de sales y que la manufactura del aljibe fue completamente artesanal y que por tanto es normal que se encuentren pequeños restos de otros componentes.

<sup>55</sup> Anexo 2. Informe analítico Fig. 1, 4 y 5.

<sup>56</sup> Anexo 2. Informe analítico. Fig. 1, 2, 4 y 5.

Finalmente se analizó el estrato pictórico rojo que revela una alta cantidad de calcita asociado a la carga de la pintura y tierras rojas (óxido de hierro y minerales), es decir que se trataba de una pintura a la cal<sup>57</sup>.

En el anexo de este apartado se pueden observar las imágenes de SEM/EDX de algunos análisis realizados de forma puntual y en área, además de una imagen que muestra la distribución puntual de los diferentes elementos que forman la muestra, tanto en árido como en ligante<sup>58</sup>.

### **5.3.5 Resultado granulométrico**

En este apartado es importante hablar tanto del estudio como de la preparación de la muestra en sí.

La preparación de la muestra, su machacado y cribado, según la norma PNE 146110 "Áridos para morteros: Definiciones y Especificaciones", permite separar el árido del ligante y estudiar su granulometría y dosificación, permitiendo diseñar futuros morteros, que es el objetivo de este trabajo.

Una vez obtenida la muestra y secada, se tritura, de forma manual para soltar los granos en tantas fracciones como sea posible. Tras ello se colocan en una serie de tamices de diferente luz y se tamiza por agitación, hasta que pase menos de un 1% del residuo obtenido por el tamiz durante un minuto. Tras ello se realizan las pesadas de cada fracción y se anota para saber qué porcentaje tiene cada cual, árido y ligante.

Como ya se ha dicho, anteriormente, los resultados obtenidos son estimativos, pues la muestra que se ha obtenido para los análisis era muy reducida.

En la tabla se puede observar que el grano, de árido, más representativo se halla en 1mm (24% en peso) y la media fina de 0,125 mm (19% en peso), así pues la granulometría aconsejada a utilizar será esta o alguna cercana a esta. En cuanto a la dosificación. Tras los cálculos realizados, con los datos de la distribución granulométrica, se ha obtenido una dosificación estimada árido:ligante de 1,5 – 2:1. Finalmente señalar que el mortero presenta una llamativa proporción de partículas de arcilla (menor a 0'063 mm) entorno al 8%, que será analizada posteriormente.

---

<sup>57</sup> Anexo 2. Informe analítico. Fig. 3.

<sup>58</sup> Anexo 2. Informe analítico. Fig. 6.

Tabla 1. Distribución granulométrica. La zona sombreada corresponde a la fracción de la muestra considerada como árido. (OSETTE Cortina, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. *Informe analítico 1-15-02*. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015. p.16).

Tamiz (luz mm)	Peso retenido (g)	Retenido (% peso)		Pasa acumulado (% peso)
		Parcial	Acumulado	
2.5	0	0,0	0,0	100,00
1.00	0,05	24,16	24,16	75,84
0.800	0,01	4,31	28,48	71,52
0.250	0,03	14,57	43,05	56,95
0.125	0,04	19,67	62,72	37,28
0.100	0,02	8,71	71,43	28,57
0.080	0,02	10,65	82,09	17,91
0.063	0,02	9,60	91,68	8,32
< 0.063	0,02	8,32	100,00	0,00

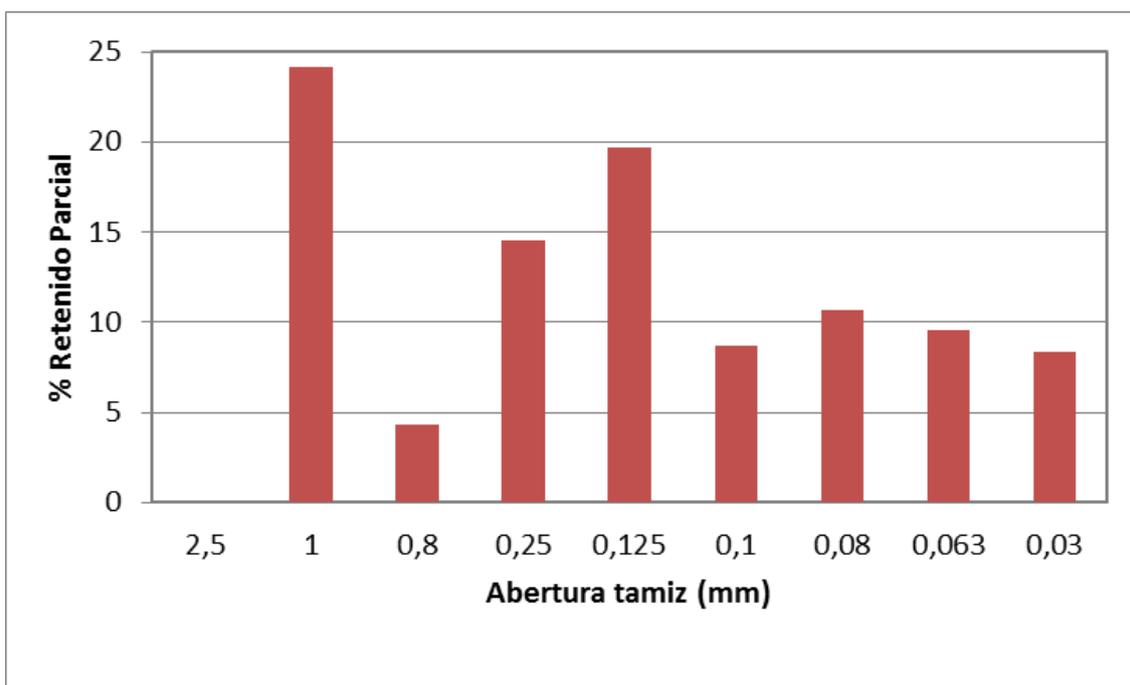


Fig. 15. Porcentaje de material retenido por tamices. (OSETTE Cortina, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. *Informe analítico 1-15-02*. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015. p.18).

### 5.1.6 Resultados por Espectrometría FT-IR

Esta técnica es utilizada para conocer la composición químico-mineralógica de la muestra de estudio y completar el análisis de SEM/EDX realizado anteriormente. Así pues este análisis se realiza con Espectrometría infrarroja por Transformada de Fourier, donde se analizan las fracciones más representativas de los tamices, tanto del árido como del ligante. Para ello se ha utilizado un equipo Vertex 70 (Bruker Optics) con sistema de reflexión total atenuada ATR y con un detector FR-DTGS con recubrimiento para estabilización de temperatura. Numero de barridos acumulados: 32, resolución  $4\text{ cm}^{-1}$ .

El análisis confirma los resultados obtenidos por el SEM/EDX<sup>59</sup>. Por un lado, en lo que respecta a la composición mineralógica del árido, las fracciones más representativas, las de 1 y 0.125 mm, muestran la presencia, mayoritaria, de calcita (como componente predominante de las mismas, bandas a  $\approx 1400, 870$  y  $711\text{ cm}^{-1}$ )<sup>60</sup> y, al igual que el anterior análisis de SEM/EDX, también se han analizado, en menor proporción, minerales silíceos (como minerales arcillosos, feldespatos, etc..., bandas a  $\approx 3700, 1650-40, 1100-1000\text{ cm}^{-1}$ )<sup>61</sup>. En cuanto al ligante, ocurre lo mismo, hay un predominio de la calcita ( $1411, 872, 711\text{ cm}^{-1}$ ), y algún componente mineral, minoritario, de silicio ( $\approx 3700-3600, 1652, 1163, 1138, 1041\text{ cm}^{-1}$ )<sup>62</sup>.

Tabla 2. Fases minerales identificadas en el mortero y su proporción relativa. (OSETTE Cortina, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. *Informe analítico 1-15-02*. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015. p.21).

MUESTRA	FASES MINERALES IDENTIFICADAS	
	Calcita ( $\text{CaCO}_3$ )	Minerales silíceos (cuarzo, minerales arcillosos, feldespatos)
M1 árido (fracción 1 mm)	++++	+
M1 árido (fracción 0.125 mm)	++++	+
M1 ligante	++++	+

### 5.1.7 Conclusiones

Con los análisis realizados de la muestra extraída en el yacimiento El Castellar de Alcoy (Alicante) se puede concluir:

La muestra objeto se caracteriza, morfológicamente, desde su sección transversal, a través de la microscopía óptica, por ser un material blanquecino, poroso y poco compacto con una pátina ocre, posiblemente una pátina de suciedad. Además no es un material homogéneo, pues se distinguen algunos granos subangulosos translucidos y blanquecinos en una matriz

<sup>59</sup> Idem. p. 19

<sup>60</sup> Anexo 2. Informe analítico. Fig. 8.

<sup>61</sup> Anexo 2. Informe analítico. Fig. 9.

<sup>62</sup> Anexo 2. Informe analítico. Fig. 10.

microristalina de tonalidad ocre claro. A ello se unen otros de tonalidad blanquecina, que hace pensar en la presencia de caliches. Y otros fragmentos presentan un estrato, superior, pictórico rojizo, de espesor irregular

En cuanto a su caracterización química a través de análisis SEM/EDX y espectrometría FTIR ha mostrado que el componente mayoritario es la calcita (que surge tras la carbonatación de la cal) y en menor proporción y de forma aislada aparecen minerales silicios (minerales arcillosos, feldespatos, cuarzo...) y compuestos salinos (sulfatos, cloruros). Esto aparece, por igual en el ligante como en el árido, cuya naturaleza es predominantemente carbonatado, es decir es mayoritariamente calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), con algún grano aislado de cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ).

Finalmente señalar que el estudio granulométrico, tras la tamización, ha mostrado que las tallas más representativas son las de 1 y 0.125 (24% y 19% en peso, respectivamente) en árido, obteniendo una dosificación árido:ligante estimada de 1,5 – 2:1. Teniendo en cuenta que se ha considerado que el 0.125 mm también sea árido, cuando normalmente es ligante, pero debido a su alto porcentaje y a su granulometría en comparación al resto, se ha considerado árido. Finalmente el árido presenta un 8% de elementos arcillosos inferiores a 0.063 y no se ha detectado nada superior a 2.5 mm (que se estime grava) lo que ha permitido ese cambio de ligante a árido del 0.125 mm.

## **5.2 Análisis de morteros de reposición**

### **5.2.1 Productos utilizados**

Para la realización de los nuevos morteros, para el análisis se ha utilizado cal hidráulica para el ligante y polvo de mármol de diferentes granulometrías (1.25 y 0.050) para el árido, además de un aditivo, resina acrílica, Acril 33<sup>®</sup>.

Así pues se han realizado un total de 56 probetas que se dividen en dos grupos según su composición:

- Grupo A: dosificación 1:3 de cal con polvo de mármol de grano 1.25 y 0.050 (1: 1-2) en agua corriente.

- Grupo B: dosificación 1:3 de cal con polvo de mármol de grano 1.25 y 0.050 (1: 1-2) con un 10% de resina acrílica, Acril 33<sup>®</sup> al agua de su preparación.

En cuanto a las dimensiones de las probetas. Estas son diversas según las probetas a realizar. Se prepararon 2 tamaños diferentes: cubos de 2x2x2 cm y cilindros de 4x1 cm (de estas últimas solo se realizaron 8 probetas, pues fueron utilizadas para una única prueba).

Cada grupo está formado por 28 probetas que se someten a diversas pruebas hídricas y de Cámara de Envejecimiento Acelerado. Estas pruebas, son realizadas en diversos lugares. Las pruebas hídricas son realizadas en el laboratorio del Museo Arqueológico Municipal de Alcoy (Alicante) (MAMA) y las pruebas de Cámara de Envejecimiento Acelerado son realizadas en el Instituto de Restauración de Patrimonio (IRP) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), todo ello siguiendo las condiciones que establecen las normas UNE correspondiente a cada prueba.

Todas las probetas fueron curadas durante, mínimo, un mes, en condiciones estables de temperatura y humedad (23°C y 50% HR)

Para las pruebas de cámara de envejecimiento se utilizan diversos equipos:

- Cámara de envejecimiento en atmosfera saturada de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): Cámara con la que se somete a corrosión el material para obtener información de su calidad y estabilidad. Se realiza con la cámara DYCOMETAL MODELO VCK-300, calibrada para la realización del ensayo Kesternich según DIN 50.018 (corrosión por SO<sub>2</sub>). Cada ciclo está formado por 8h de trabajo con la cámara cerrada y la pieza en su interior expuesta a 40°C en el que se ha introducido anhídrido sulfuroso con una humedad relativa del 100%. Tras ello, le siguen 16 h en el que se abre la puerta, se para la calefacción y las piezas se exponen a condiciones ambientales normales.

- Cámara de envejecimiento termohigrométrico: Las probetas son sometidas a cambios de temperatura y humedad relativa controladas con el objetivo de ver cuál es su comportamiento, alteración y/o estabilidad. Todo ello se realiza con la cámara climática DYCOMETAL MODELO CCK-25/300

- Cámara de envejecimiento con lámpara de luz ultravioleta: Las piezas se someten a radiación ultravioleta a través de la cámara de exposición a la radiación UV QUV-BASIC de Q-PANEL con lámparas, en este caso de UVA-340nm simulando el espectro de radiación solar, con el objetivo de observar la resistencia o degradación de las probetas ante la radiación ultravioleta.

### **5.2.2 Tipos de ensayos**

#### **Cámara de envejecimiento acelerado artificial**

Se han realizado 3 tipos de cámaras de envejecimiento con la finalidad de observar los cambios físicos y colorimétricos que puede sufrir el material a lo largo del tiempo y anticiparnos, en la medida de lo posible, a ello. Para ello se han sometido un total de 18 probetas, formando grupos de 3: Cámara de envejecimiento en atmósfera saturada de azufre (SO<sub>2</sub>), cámara de envejecimiento climática de variación de temperatura-humedad y cámara de envejecimiento de exposición a la radiación ultravioleta. Y se han dejado fuera de la prueba una probeta por cada grupo (en total 6) como testigos de los cambios. Así pues tenemos un total de 24 probetas, 12 del grupo A y 12 del grupo B.

Cámara de envejecimiento en atmósfera saturada de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): Se introducen 6 probetas dentro de la cámara de Envejecimiento y se realizan ciclos cortos (24 h) pero muy intensos de contaminación de las probetas. Cuando finaliza el ciclo, se realiza el registro documental necesario para registrar los cambios y patologías sufridas y se observa el cambio de color con la carta de Munsell. Este ensayo se realiza para saber cómo envejecerá el estuco ante un entorno contaminado, pues a pesar de que el yacimiento se halle en altura y aparentemente alejado de la ciudad y, por ende, de la contaminación, a escasos metros, a los pies del cerro, se construyó un polígono<sup>63</sup> con diversas fábricas que generan polución que afectan, poco a poco, a las estructuras del sitio.

Cámara de envejecimiento termohigrométrico: En esta prueba se procede igual que en la anterior, se introducen 6 probetas, pero no se someten a gas SO<sub>2</sub>, sino a variaciones de humedad, siendo la máxima 98% y la mínima un 50% y con una temperatura fija de 30°C. Se ha decidido fijar la temperatura, porque la cámara disponible en el IRP no puede aportar la variación de temperatura necesaria para adaptarse a las condiciones reales del yacimiento, así

---

<sup>63</sup> De hecho fue la creación de este polígono, en los años 70, la que generó las diversas campañas de excavación llevadas a cabo en el yacimiento de El Castellar.

que se ha establecido una temperatura media que no variara, pero sí la humedad, para ver movimientos en las probetas, ya que en la realidad hay oscilaciones de humedad estacionaria y, al menos, eso sí se puede reproducir en la cámara del laboratorio.

Cámara de envejecimiento con lámpara de luz ultravioleta: Al igual que en las anteriores pruebas de cámara de envejecimiento acelerado, en esta de ultravioleta, se introducen 6 probetas, 3 de cada grupo, y se someten a una exposición constante de radiación ultravioleta, para poder comprobar cómo afectaría la radiación solar al nuevo material y ver cuál de los dos tiene mejor respuesta ante dicha exposición.

### **Absorción por gota de agua y velocidad de secado**

Esta prueba no está normalizada<sup>64</sup>. Se preparan las probetas y se pulen con papeles abrasivos de diferentes granulometrías, tras ello se dejan secar hasta masa constante ( $m_0$ ). Una vez estables, con una micropipeta con agua desionizada, se aplicara una gota, a una distancia de 10 mm, entre la micropipeta y la probeta. Esta acción se repite tantas veces nos permita la superficie de la probeta, teniendo en cuenta una separación entre gotas de 3 mm.



Fig. 16. Inicio de la prueba de absorción por gota de agua.

Una vez la gota esté en contacto con la probeta se iniciara el cronometro y se observará cuánto tarda en ser absorbida por el material, para ver si este es más poroso o menos, según tengan aditivo o no.

### **Absorción de agua por capilaridad**

Tras la preparación de las probetas, con papel abrasivo de diferente granulometría y secado en estufa con ventilación hasta obtener masa constante, se inicia la prueba según la norma española UNE-EN 15801:2009, que tiene como objetivo determinar la cantidad y velocidad en que una probeta absorbe agua por capilaridad a través de la superficie de ensayo cuando está en contacto



Fig. 17. Inicio de la prueba absorción de agua por capilaridad

<sup>64</sup> ALONSO, F.J.; ALONSO, L y VÁZQUEZ, P. *Propiedades hídricas y anisotropía en rocas sedimentarias porosas* [en línea]. Oviedo: Dpto. Geología. Universidad de Oviedo, 2012. Disponible en: <http://www.researchgate.net/publication/237009607>

con el agua<sup>65</sup>. En un recipiente de base plana y ancha se coloca un lecho permeable embebido con agua desionizada y sobre esta se depositan las probetas por su cara más plana y lisa. Con este ensayo se intenta valorar la diferencia de absorción de agua de los estucos fabricados con resina acrílica en comparación con los estucos normales y con el material original, pues se trata de una estructura preparada para almacenar agua con un lecho permeable, lo que la hace propensa a absorber altas cantidades de este líquido en épocas fluviales, dañando gravemente las zonas bajas de los muros.

### Permeabilidad al vapor de agua

Con este ensayo se pretende determinar la transpiración y resistencia de los estucos a la permeabilidad al vapor de agua y humedad a la que se someten. Es importante conocer su resistencia, pues el mayor enemigo de un tapial es la humedad y conocer que material ofrecerá mejores condiciones al aporte de humedad en todos sus estados es un beneficio a la hora de la restauración.



Fig. 18. Proceso de la prueba de permeabilidad al vapor de agua

El ensayo ha sido realizado conforme a la norma española UNE-EN 15803:2009<sup>66</sup>. Se han utilizado tres probetas cilíndricas de 4x1 cm para cada tipo de estuco, obteniendo un total de seis probetas. El procedimiento se ha realizado mediante la llamada “cubeta húmeda”, basándose en los datos climáticos obtenidos. A través de este procedimiento se obtiene información sobre el comportamiento de los materiales en ambientes con humedad elevada, donde los poros de la probeta empiezan a llenarse de agua, aumentando el transporte de agua líquida, a ésta y reduciéndose el transporte de vapor. Así pues el objetivo final es mostrar la información de transporte de agua líquida en los materiales porosos.

Las probetas se montan sobre una cubeta cilíndrica del mismo diámetro y se sellan con Parafilm para obtener un sellado adecuado. Previamente a ello, se introduce, en el recipiente una solución salina saturada, en este caso de nitrato magnésico  $Mg(NO_3)_2$ , para obtener una humedad relativa de 53% en el aire, a una temperatura de 20°C, condiciones que se mantendrán dentro de la cubeta. Mientras que en el exterior se mantiene una temperatura

<sup>65</sup> AENOR. *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad*. UNE-EN 15801. Madrid: AENOR, 2010.

<sup>66</sup> AENOR. *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua ( $\delta_p$ )*. UNE-EN 15803. Madrid: AENOR, 2010.

similar ( $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) y una humedad relativa del 50%. Los datos se obtienen realizando diversas pesadas en el tiempo hasta obtener una masa o pesada constante.

### Análisis colorimétrico. Sistema de color de Munsell

El sistema de color de Munsell fue creado por el profesor y pintor Albert Henry Munsell y plasmado en su libro *Atlas of the Munsell Color System* a inicios del siglo XX<sup>67</sup>. Es un método

por el cual se asegura que todo el mundo ve un mismo color, ya que es un método aceptado universalmente para la especificación precisa del color.

Munsell baso su método en un modelo tridimensional formado por tres ejes o cualidades: matiz o ton, valor o luminosidad y croma o saturación. En su libro se representan como hue, value y chroma, respectivamente.

La hue (H) es el “color” dominante o real que sigue in orden natural. La letra R representa el rojo, la Y el amarillo, la G el verde, la B el azul y la P el purpura. Y entre ellos hay matices intermedios YR para le naranja, GY verde-amarillo, BG purpura-azul... Finalmente la variación de tonalidad de

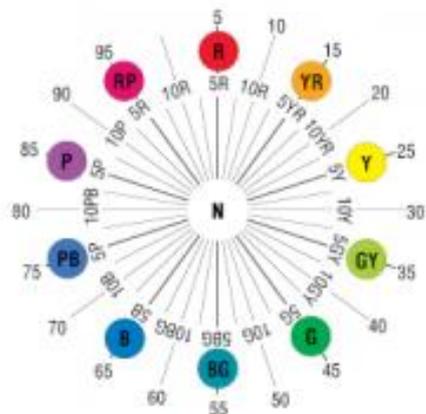


Fig. 19. Circulo de colores según el orden y nomenclatura de Munsell. (X-Rite World Headquarters. *Defining color. System for precise color validation: Munsell color.* Michigan (USA): X-Rite, 2007. p.3).

estos colores se representa con las letras y a través de números preestablecidos que forman, a su vez, el número de la página en su libro<sup>68</sup>.

Value (V): indica la variación de tintes, es decir, la claridad u oscuridad de un color. Esta va desde el 0 para el más oscuro, el negro más puro, hasta el 10 para el blanco puro. El negro, blanco y los grises se caracterizan por ser “colores neutros” y no tener tonalidad, mientras que el resto son “colores

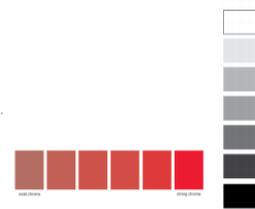


Fig. 21. Ejemplo de luminosidad de un color según el sistema Munsell. (X-Rite World Headquarters, *Defining color. System for precise color validation: Munsell color.* Michigan (USA): X-Rite, 2007. p.4.)

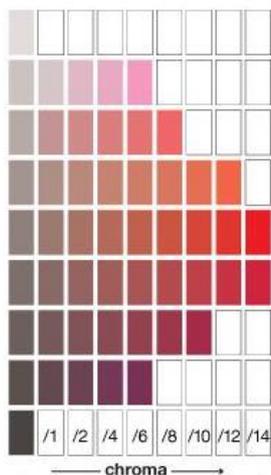


Fig. 20. Ejemplo de variación cromática según el sistema Munsell. (Encyclopaedia britannica. Disponible en: <<http://www.britannica.com/science/Munsell-color-system>> [8/1/2016]).

cromáticos”<sup>69</sup>. Esta escala de valor se aplica a ambos tipos de colores.

<sup>67</sup> X-Rite World Headquarters. *Defining color. System for precise color validation: Munsell color.* Michigan (USA): X-Rite, 2007. p.3.

<sup>68</sup> Idem.

<sup>69</sup> Idem. p. 4.

Chroma (C): es la mayor o menor fuerza del color, es decir, el grado de desviación de un color en su color neutro del mismo valor, es aquí donde se habla de la saturación del color. La escala se inicia en 0 para los colores neutros y sube de forma arbitraria e infinita.

En cuanto a la notación. El sistema, como ya se ha mencionado, está formado por una base tridimensional de matiz, valor y croma, que la hacen tener una notificación específica. Por ejemplo el rojo se especificaría así: 5R 6/14, donde 5R es el matiz o hue (rojo), 6 es el valor o value (la claridad o luz) y el 14 es el croma o chroma que indica que es un color muy saturado.

# **R**ESULTADOS Y DISCUSIÓN



## 6. Resultados y discusión

### 6.1 Cámara de envejecimiento acelerado artificial

Cámara de envejecimiento en atmosfera saturada de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un gas incoloro que en contacto con el aire se convierte en trióxido de azufre y, este, cuando reacciona con la humedad produce ácido sulfhídrico, precipitando en forma de lluvia ácida y afectando, gravemente, a las obras. Así pues la contaminación que reciben las obras de arte no sólo oxida sino que también humecta, un dato a tener en cuenta, pues la humedad es un factor muy importante en la degradación de los morteros de cal y sobre todo en las construcciones de tapiales. La humedad absorbida en las probetas se puede apreciar en el pequeño aumento de peso (Tabla 3) que han sufrido los estucos durante el ensayo, y que, a pesar de ser escaso, es significativo pues marca dicha aportación de agua, sales y demás agentes que deterioran la pieza.

Tabla 3. Progresión de peso (g) de las probetas en cámara envejecimiento de SO<sub>2</sub>.

PROBETAS	M <sub>0</sub>	24 h	48 h	72 h
GAS1	48,25	49,01	49,80	50,63
GAS2	43,55	44,23	45,02	45,87
GAS3	47,74	48,49	49,35	50,33
GBS1	58,83	59,75	60,69	61,53
GBS2	56,25	57,14	58,14	59,09
GBS3	50,90	51,76	52,75	53,83

Lo más significativo a destacar en este ensayo es la oxidación o amarilleamiento de los estucos<sup>70</sup>, cuyo grado tonal y cromático se ha realizado a través de la carta de Munsell. Así pues se ha podido ver la variación de color entre el punto de partida y la tercera medición. Algo a destacar en esta patología inducida es que ambos grupos de piezas sufre un mismo cambio

<sup>70</sup> Ver Anexo 2. Informe analítico. Fig. 11.

brusco del momento inicial a la primera medición, pasando de un 10YR 8 White a un 10YR 8/2 very pole brown. Señalando que los bordes, donde más se ha condensado el vapor con el SO<sub>2</sub>, son más oscuros (10YR 8/3 very pole Brown) y en todos ellos aparecen punteados con mayor cromatismos (10YR 7/8 yellow), pero es este punteado lo que diferencia un grupo de otro, ya que es más acusado en el grupo A que en el grupo B.



Fig. 22. Ejemplo de degradación de las probetas de cámara de envejecimiento de atmosfera saturada de SO<sub>2</sub>.

Estos cambios cromáticos se mantienen en las mediciones de los siguientes 2 ciclos, con la única diferencia de que los bordes acusados donde antes se condensaba la humedad, a partir del segundo ciclo, se suavizan y se uniformiza en la pieza, es decir, la pieza absorbe más humedad y con ello SO<sub>2</sub> de forma que el amarilleamiento se extiende por la zona baja de la pieza<sup>71</sup>.

En conclusión se puede decir que ambos materiales tienen reacciones similares, con un cambio cromático afín. Su única diferencia radica en el punteado que sufre cada grupo de estuco, siendo más acusado en el grupo A que en el grupo B, quizá porque el primero tiene mayor porosidad que el segundo y al quedarse condensado dentro del poro produce mayor amarilleamiento. Esta conclusión se extrae a partir del hecho de que en el primer ciclo el SO<sub>2</sub> se ha condensado en los bordes volviéndose, estos, más oscuros. Por ello un punteado oscuro es sinónimo de dicha condensación en un poro aviento en el material y a mayor punteado mayor porosidad.

Cámara de envejecimiento termohigrométrico: Para poder obtener movimiento en la pieza se realizan oscilaciones de humedad en la cámara, pero se mantiene una temperatura media fija, ya que las condiciones máximas y mínimas que se requieren para poder hacer

<sup>71</sup> Ver Anexo 2. Informe analítico. Fig. 12.

oscilar la temperatura no son viables con el equipo existente en el laboratorio, así que se aplica una temperatura constante.

A pesar de que la humedad es el enemigo principal del mortero de cal y de la construcción de tapial<sup>72</sup>, con esta prueba y en el tiempo establecido, no se ha podido determinar grandes alteraciones físicas en las muestras. Se han mantenido las piezas un total de 672 horas, pero los escasos resultados de degradación no han sido visibles hasta las 504 horas (Fig. 19), es en estos momentos cuando se puede apreciar una pérdida notable de material en los bordes de la probeta, mientras tanto sólo se observaba una ligera pérdida de material dejando la pieza pulverulenta con algún poro abierto y una superficie irregular. Hay que destacar la diferencia entre grupos, donde el grupo A ha sido el más afectado por esta pérdida material, tanto en bordes como en superficie, quedando esta última, más rugosa que en el grupo B, que a pesar de haber sufrido daños similares ha soportado mejor los cambios de humedad y estos han sido menores.

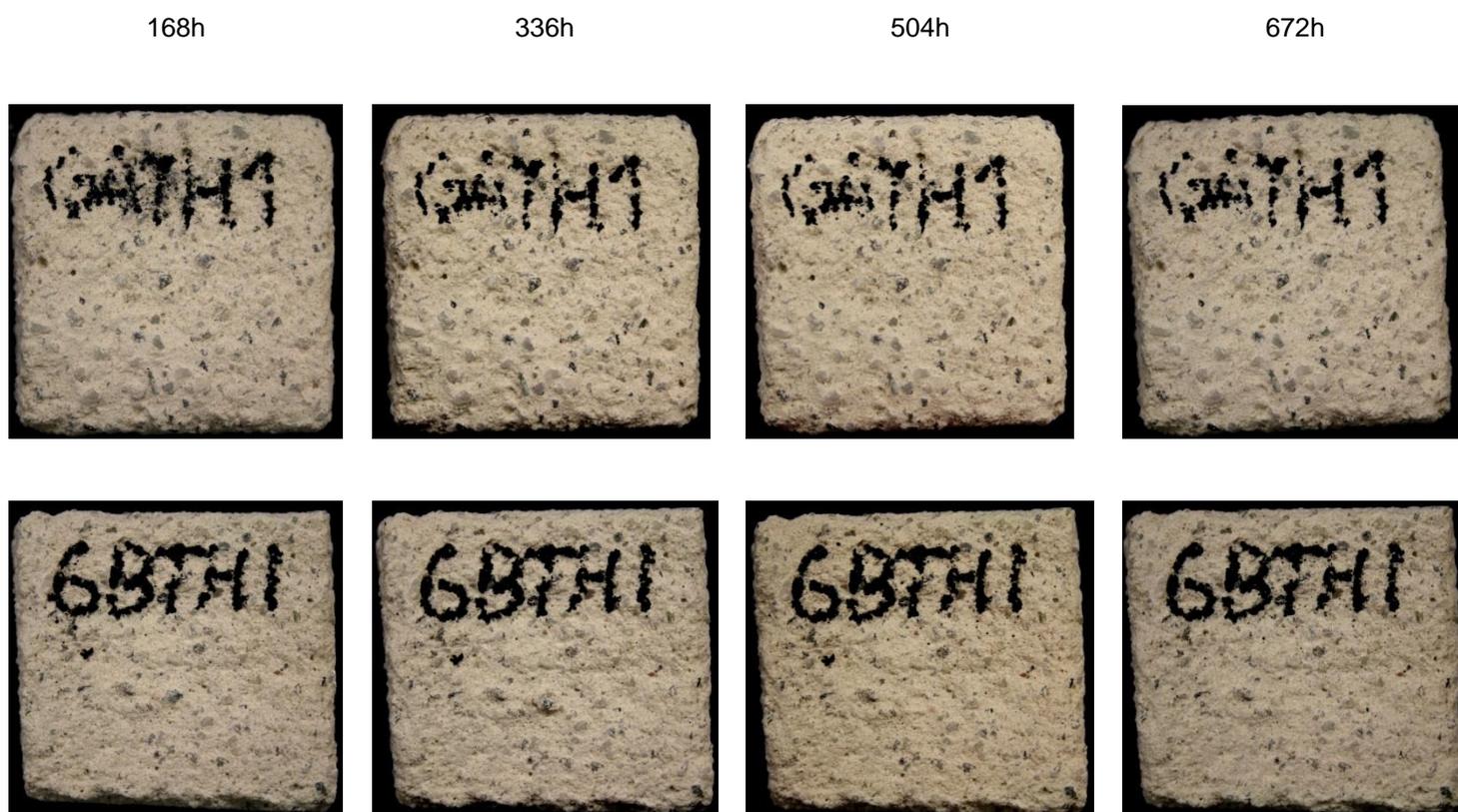


Fig. 23. Ejemplo de degradación y pérdida de material en el perímetro de las probetas en cámara termohigrométrica.

La variación de color en estas probetas ha sido más difícil de diagnosticar con respecto al ensayo anterior, pues no se observan cambios de color según el método de la carta Munsell, al igual que es imposible observar variaciones con el modo visual, pues los colores

<sup>72</sup> LÓPEZ ELUM, P. *Los castillos valencianos en la Edad Media: (materiales y técnicas constructivas)*. Valencia: Biblioteca Valenciana, 2002, Vol. II. p. 160.

permanecen estables ante los cambios de humedad. Si bien hubiese que asignar un color, utilizando la carta Munsell, este sería un color heterogéneo entre: 1Gley 8/0 White y 1Gley 7/0 light grey. Ambos colores son lo más aproximado que se puede observar en la probeta teniendo en cuenta la granulometría de esta, ya que su árido es muy blanco y no hay un color exacto, en esta carta, para asignarle un nombre.

Cámara de envejecimiento con lámpara de luz ultravioleta: Se utilizan lámparas ultravioletas (UVA-340nm) que simulan el espectro de radiación solar, para simular las condiciones a las que se expone la obra y por tanto el estuco de reposición.

De los datos obtenidos se observa que las probetas van perdiendo masa a lo largo del proceso (Tabla 4 y Grafico 1), siendo, la pérdida, más acusada en el grupo A que en el grupo B. A esto se le añade el hecho de que las probetas de arena y cal (grupo A) se vuelven más débiles durante la exposición al ultravioleta, tornándose más porosas y pulverulentas, de forma que, ya, en su segundo ciclo (336 h) se aprecia el inicio de pérdida de material en los bordes (Fig. 20) y una superficie rugosa. Mientras que en las probetas de cal, arena y resina acrílica (grupo B) también tienden a perder material por sus bordes, pero en menor medida que el grupo anterior, mostrándose menos rugosas y pulverulentas.

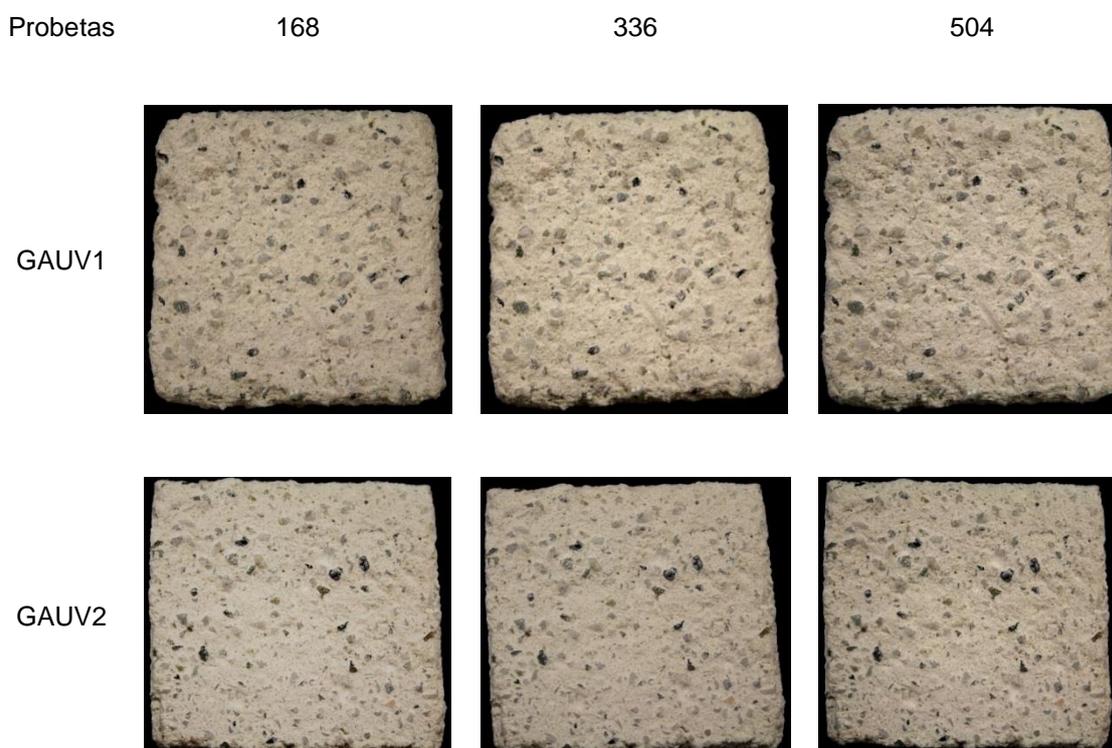


Fig. 24. Ejemplo de degradación y pérdida de material en el perímetro de las probetas en cámara de lámpara de luz ultravioleta.

Por lo que respecta al color, en estas probetas, para ambos grupos, ocurre lo mismo que con el ensayo anterior. Quizás por falta de tiempo en el ensayo o por no haber algo en las

probetas, no se puede medir la variación de color con el método Munsell, ya que, si esta ha tenido lugar, es tan escasa, que es imperceptible al ojo humano. Así pues si hubiese que establecer un color, este sería heterogéneo entre: 1Gley 8/0 White y 1Gley 7/0 light grey.

Tabla 4. Variación de masa (g) de las probetas en el tiempo (h).

Probetas	t <sub>0</sub>	168 h (7días)	336 h (14 días)	504 h (21 días)
GAUV1	52,86	52,07	51,88	51,68
GAUV2	50,80	50,07	49,80	49,65
GAUV3	51,32	51,03	50,42	50,26
GBUV1	57,21	56,75	56,69	56,61
GBUV2	54,59	54,45	54,39	54,32
GBUV3	50,50	50,30	50,12	49,85

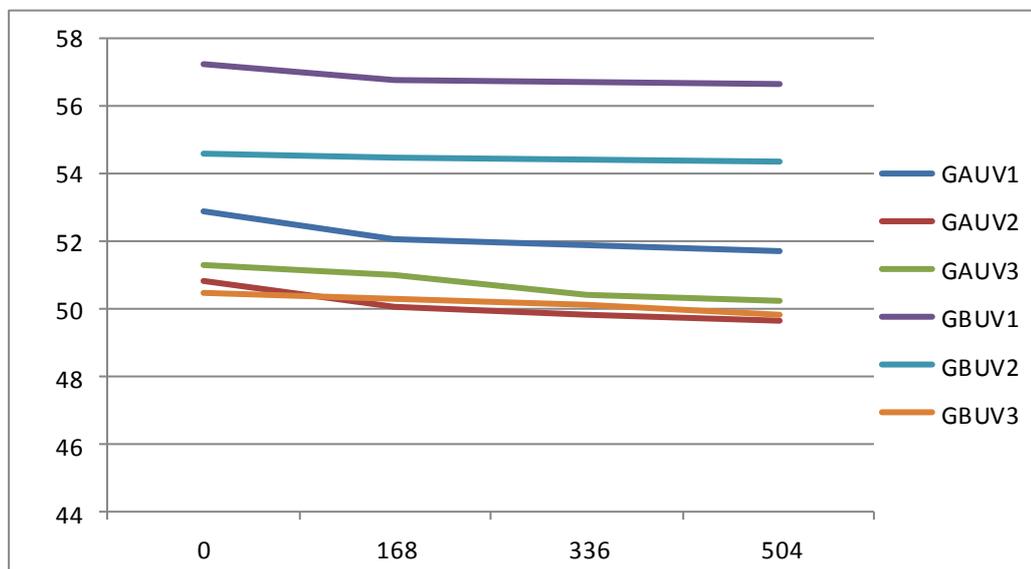


Gráfico 1. Curva de variación de masa (g) en el tiempo (s) de las probetas en cámara de ultravioleta.

## **6.2 Absorción por gota de agua y velocidad de secado**

Con los resultados obtenidos (Tabla 5) se puede decir que se trata de un material muy poroso, tanto sin aditivo (Grupo A) como con la resina (Grupo B), ya que la mayoría de las probetas pierden el 50% del volumen de la gota en menos de 5 segundos, a excepción de unas gotas en la probeta GBG1 que muestran un valor más alto (entre 4 y 5 segundos), que bien puede deberse a que la zona no estuviese bien pulimentada o preparada para la prueba o que esa zona contuviese mayor cantidad de resina acrílica o árido compactado, pues el resto de gotas, en esta misma probeta, a pesar de ser más altas que el resto de probetas, son similares a la norma general, es decir, se absorben antes de 5 segundos.

Obtenidas las medias de ambos grupos (Grupo A: 1,28111111 segundos; y Grupo B 1,85777778 segundos) se puede observar que el grupo B presenta una absorción más lenta en comparación al primer grupo. Esto se debe a que la resina acrílica hace que los poros sean menos abiertos y que, por tanto la gota se absorba a menor velocidad, pero, ello no impide que en general la velocidad de absorción sea muy rápida, pues en general todas las probetas no alcanzan los 2 segundos de media de absorción. Llama la atención el alto promedio de la probeta GBG1 (3,01555556 segundos), por los motivos ya mencionados anteriormente.

Tabla 5. Promedio de absorción por gota de agua en segundos

PROBETAS	GAG1	GAG2	GAG3	GBG1	GBG2	GBG3
TIEMPO GOTA 1	1,19	1,65	0,62	2,22	0,93	1,03
TIEMPO GOTA 2	1,02	1,97	1,45	1,91	1,06	1,27
TIEMPO GOTA 3	1,82	1,52	1,24	4,01	1,41	1,08
TIEMPO GOTA 4	1,25	1,29	1,19	5,07	1,36	1,04
TIEMPO GOTA 5	1,25	1,36	1,78	2,93	1,72	1,35
TIEMPO GOTA 6	1,41	1,24	1,48	2,23	1,26	0,92
TIEMPO GOTA 7	1,35	1,33	0,82	1,40	1,75	1,52
TIEMPO GOTA 8	0,60	1,56	0,98	4,38	1,31	1,27
TIEMPO GOTA 9	0,93	1,24	1,05	2,99	1,38	1,36
Total de tiempo	10,82	13,16	10,61	27,14	12,18	10,84
Promedio de tiempo	1,20222222	1,46222222	1,17888889	3,01555556	1,35333333	1,20444444

### 6.3 Absorción de agua por capilaridad

Las mediciones de tiempo realizadas han sido especialmente cortas en un primer momento, hasta llegar a los 15 segundos. A partir de este momento los intervalos de tiempo aumentan progresivamente y con ello el peso y absorción de agua de las probetas, como se puede apreciar en la siguiente tabla y su correspondiente gráfica<sup>73</sup>, que muestran la cantidad de agua absorbida en la probeta por unidad de superficie  $Q_i$  ( $\text{gr}/\text{cm}^2$ ), en el tiempo  $T_i$  (s) y se expresa con la siguiente formula:

$$Q_i = [(m_i - m_0)/A]$$

Calculada la cantidad de agua absorbida por cada probeta, por unidad de superficie (Tabla 6) y realizada la curva de absorción, se observan resultados dispares en ambos grupos de probetas. Por un lado, el grupo A se caracteriza por absorber mayor cantidad de agua, al principio, que el grupo B hasta saturarse, de forma gradual, en la decimoprimera pesada con  $0'31 \text{ gr}/\text{cm}^2$  para GAC1,  $0'35 \text{ gr}/\text{cm}^2$  para GAC2 y  $0'32 \text{ gr}/\text{cm}^2$  para GAC3. En cuanto al Grupo B, este absorbe menor cantidad de agua, respecto al grupo anterior, manteniendo una curva de absorción (Gráfico 2) por debajo en las primeras cinco pesadas, momento en el cual se da un incremento brusco y temporal de absorción hasta alcanzar los  $0'39 \text{ gr}/\text{cm}^2$  para la probeta GBC1;  $0'35 \text{ gr}/\text{cm}^2$  para GBC2 y  $0'36 \text{ gr}/\text{cm}^2$  para GBC3.

Se puede deducir que las probetas del grupo A, realizadas con un mortero tradicional y simple de cal y agua muestra mayor avidez de agua al absorber esta, más rápidamente, al principio, y estabilizándose en las ultimas pesadas de forma más gradual. El grupo B, fabricado con cal, arena y resina acrílica al agua de su preparación, presentan una absorción más lenta, en sus inicios, mostrando un pico de rápida absorción y saturación al final de la prueba.



Fig. 25. Estado de las probetas tras 44 horas de absorción de agua por capilaridad

<sup>73</sup> Ver también Anexo 2. Informe analítico. Grafico 1 y 2

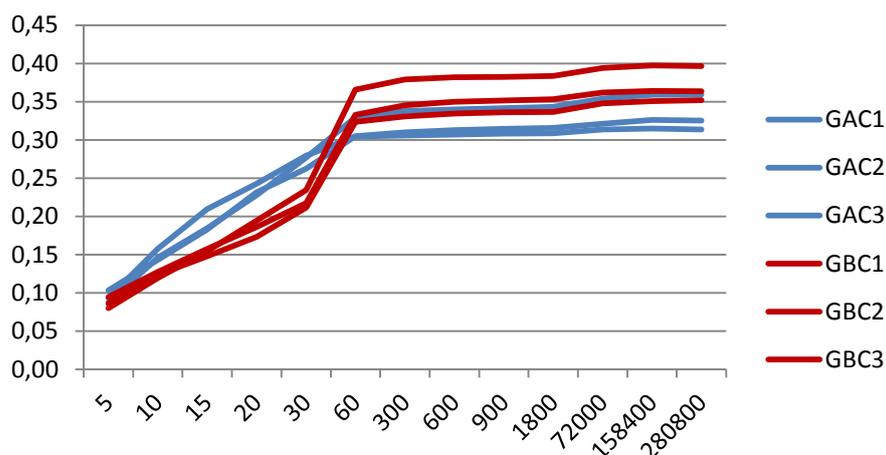


Gráfico 2. Curva de absorción de agua por capilaridad de las diferentes probetas en  $\text{gr}/\text{cm}^2$

Tabla 6. Promedio de absorción de agua por capilaridad por unidad de superficie.  $Q_i$  ( $\text{gr}/\text{cm}^2$ ) en el tiempo (s)

PROBETAS	GAC1	GAC2	GAC3	GBC1	GBC2	GBC3
5	0,093125	0,086875	0,10350	0,079813	0,086063	0,094375
10	0,157875	0,146000	0,143375	0,11950	0,123688	0,127375
15	0,2095625	0,1846875	0,182875	0,15450	0,1480625	0,157375
20	0,2428125	0,227875	0,2314375	0,1945625	0,17325	0,1860625
30	0,279375	0,2769375	0,2621875	0,2343125	0,211375	0,2173125
60	0,304375	0,3294375	0,30500	0,3656875	0,3234375	0,332625
300	0,305750	0,3375625	0,3098125	0,37900	0,3308125	0,3454375
600	0,306750	0,3399375	0,312875	0,38175	0,334375	0,349875
900	0,308125	0,341375	0,314375	0,382375	0,3360625	0,3513125
1800	0,30850	0,3431875	0,3156875	0,3836875	0,336625	0,3531875
72000	0,31375	0,3538125	0,3209375	0,393875	0,347875	0,361875
158400	0,314875	0,3589375	0,3259375	0,397375	0,3508125	0,36400
280800	0,31375	0,35925	0,325375	0,3964375	0,352125	0,363625

#### 6.4 Permeabilidad al vapor de agua

El ensayo ha tenido una duración de 6 días, pues a pesar de que la pérdida de masa ha sido lenta, las probetas no han tardado en estabilizarse, finalizando, así, el ensayo.

En el gráfico de la curva de variación de la masa acumulada (Gráfico 3), obtenido a partir de los datos de variación de masa acumulada y densidad de caudal de vapor de agua de cada probeta en el tiempo, se puede observar dos grupos claramente diferenciados. Por un lado se halla el grupo A, cuyas tres probetas van a la par, es decir, el descenso de la curva es casi similar y su estabilidad se inicia a partir del quinto día (120 h). Por otro lado se halla el grupo B que también muestra una curva de descenso similar entre las tres probetas del mismo grupo, señalando una mínima diferencia entre ellas en la probeta GBV3, ya que a partir del segundo día (24h.) no marca ese pequeño pico de descenso, que si se puede observar en las otras dos probetas del mismo grupo.

En cuanto a la pérdida en masa se observar (Tabla 7) que el grupo A tiene mayor pérdida de masa que el grupo B, debido a que el segundo grupo está compuesto por un aditivo de resina acrílica, lo que puede indicar cierto efecto impermeable, que no se observa en el grupo A.

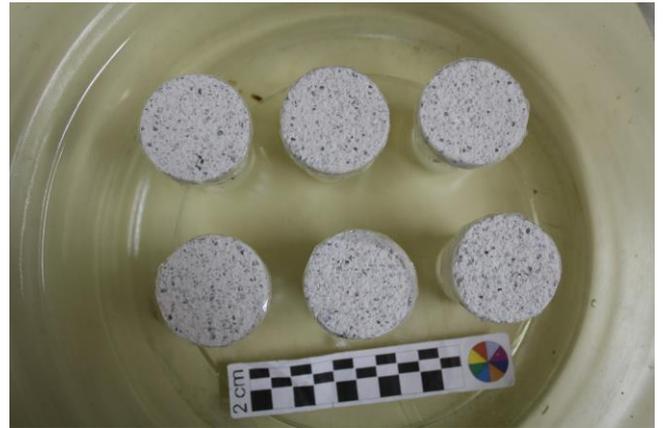


Fig. 26. Estado de las probetas tras 3 ciclos de permeabilidad al vapor

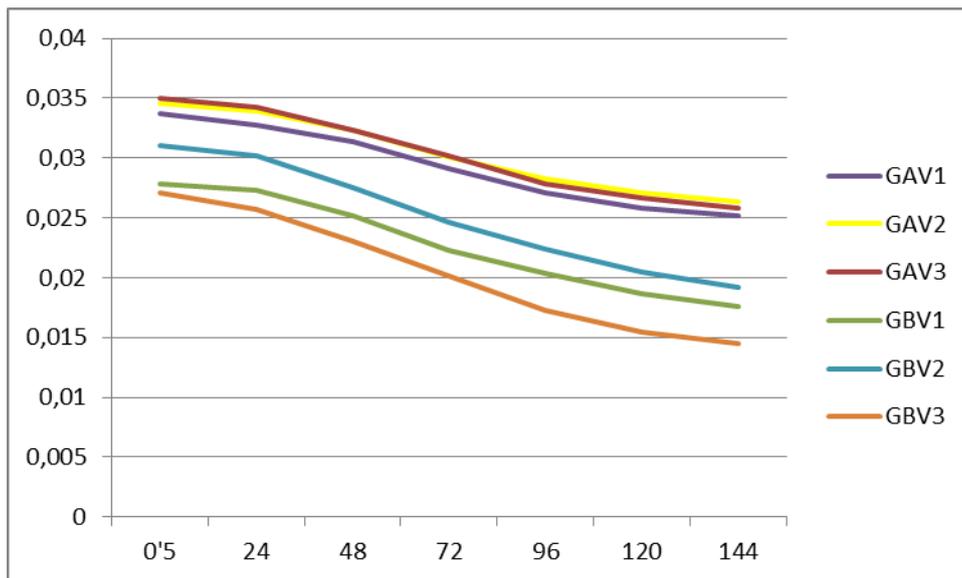


Gráfico 3. Curva de permeabilidad de vapor de agua de las distintas probetas en gr/h

Tabla 7. Curva de permeabilidad al vapor de agua de las distintas probetas en gr/h

Probetas	0'5	24	48	72	96	120	144
GAV1	0,03370765	0,032769317	0,031325735	0,029088182	0,027067167	0,025840122	0,02519051
GAV2	0,03456821	0,033879603	0,0322958	0,030092249	0,028301863	0,027062366	0,02630489
GAV3	0,03500687	0,034285078	0,032336242	0,030170869	0,027861137	0,026706272	0,02584012
GBV1	0,02781923	0,027358866	0,025188572	0,022294845	0,02032185	0,018611921	0,01755966
GBV2	0,0310563	0,030229971	0,027544393	0,024652231	0,022379819	0,020451711	0,01921221
GBV3	0,02706237	0,025685146	0,022999568	0,020107407	0,017284106	0,01542486	0,01452967

### **6.5 Análisis colorimétrico. Sistema de color de Munsell**

Los resultados de este sistema se han ido mostrando en cada ensayo de Envejecimiento acelerado, pero bien se puede resumir en la diferencia que se observa entre la primera prueba, realizada con atmosfera saturada de SO<sub>2</sub> y las otras dos pruebas de cámara de envejecimiento acelerado (temperatura- humedad y lámpara de ultravioleta). En el primer ensayo se observa una fuerte oxidación y amarilleamiento de las probetas a causa de la contaminación, mientras que en las otras dos las probetas siguen un patrón de degradación de color similar, ya que el cambio que sufren, si es que sufren algún cambio, es mínimo y muy heterogéneo, basándose en su granulometría, que es la que da ese color más heterogéneo.

Otro hecho a destacar es la diferencia entre grupos probetas. Si bien en la cámara termohigrométrica y lámpara de luz ultravioleta no se ha podido establecer diferencia alguna en cuanto al color, quizá por falta de tiempo para su degradación. Esta distinción si es posible en la cámara de atmosfera saturada de SO<sub>2</sub>, donde se aprecia una diferencia significativa entre grupos de probetas, si bien todos tiene el mismo color, 10 YR 7/8 del sistema de color Munsell, en ellos su granulometría también se oxida, pero el grupo A se caracteriza por mostrar un punteado más amarilleado u oxidado que el grupo B. Por tanto el grupo A es menos resistente a la oxidación que el grupo B.

Tabla 8. Relación probetas y variación de color.

Ensayos	color
cámara de atmosfera saturada de SO <sub>2</sub>	10YR 8/2 very pole brown. 10 YR 7/8 yellow (granulometría)
cámara de temperatura y humedad	1Gley 8/0 White 1Gley 7/0 light grey.
cámara de lámparas de ultravioleta	1Gley 8/0 White 1Gley 7/0 light grey.



# **C**ONCLUSIONES



## 7. CONCLUSIONES

Gracias a los análisis físico-químicos realizados en las muestras extraídas del aljibe de El Castellar de Alcoy (Alicante) se pudo establecer un tipo de mortero ensayo y a partir del cual, se pudo variar dicho mortero (granulometrías, aditivos en proporciones, etc.) y observar las diferencias. Los morteros realizados, como ya se ha dicho fueron, dos:

- Grupo A: dosificación 1:3 de cal con polvo de mármol de grano 1.25 y 0.050 (1: 1-2) en agua corriente.

- Grupo B: dosificación 1:3 de cal con polvo de mármol de grano 1.25 y 0.050 (1: 1-2) con un 10% de resina acrílica, Acril 33® al agua de su preparación.

Ambos trabajados con la misma metodología y en las mismas condiciones ambientales (23°C y 50% HR). Y en cuanto a la trabajabilidad de dichos morteros hay que señalar una característica importante, en ambos grupos, y es que durante su secado, la pérdida de volumen es insignificante, pero sí hay una pequeña diferencia entre ambos a la hora de trabajarlos y es que el estuco B presenta una textura consistente, permitiendo una mejor compactación, que el grupo A. Otra discrepancia entre ambos es el comportamiento durante el lijado y pulido de las probetas muestra. Por un lado el grupo A presentaba un lijado y pulido más delicado ya que era más fácil de pulverizar que el grupo B, por tanto había más peligro de pérdida de material y era importante no incidir en el lijado de las piezas. Por el contrario el grupo B, a pesar de que no es un material muy resistente, ya que también pierde materia con facilidad, sí que se puede incidir mejor e, incluso, con mayor presión, que con el grupo A.

Puesto que ambos grupos tiene la mismas dosificación y granulometría, y fueron realizados con la misma metodología y en condiciones ambientales afines, se concluye que las diferencias no proviene de estas características sino del único factor que los diferencia, el aditivo de resina acrílica añadido en el grupo B, que le aporta un carácter más consistente en comparación al grupo A, que no lo lleva.

La realización las pruebas sobre los dos tipos de estucos creados ha permitido obtener los primeros datos de contraste entre ellos.

Por una parte, los ensayos de cámara de envejecimiento acelerado han mostrado que ambos estucos se comportan de forma similar, es decir, tiene comportamientos similares: amarilleamientos, pérdida de material, pulverización de la superficie, etc., pero en tiempos dispares, pues en el grupo A, este tipo de degradaciones, aparecen antes que en el grupo B. Además se ha podido establecer que el grupo A es más débil, tiene mayores pérdidas de material que el segundo grupo, que se muestra más resistente a las condiciones a las que se somete.

Algo similar ocurre con los ensayos hídricos, donde el grupo B parece tener una mejor absorción o resistencia a esta que el grupo A, posiblemente debido a la presencia de la resina acrílica, pues ambos estucos fueron realizados con la misma metodología y materiales a excepción de la resina acrílica que hay en el grupo B y no en el A. así pues las pruebas hídricas corroboran lo que las pruebas de envejecimiento ya señalaban: las probetas del grupo B son más resistentes a la humedad, que las probetas del grupo A.

En conclusión podemos decir que el grupo B, mortero realizado con cal, arena y resina acrílica, es más resistente que el grupo A, mortero natural de cal y arena. Por tanto es el mortero de cal y arena (polvo de mármol de grano 1.25 y 0.050), con un 10% de resina acrílica, Acril 33® al agua de su preparación y en dosificación 1: 1-2, el más adecuado para la aplicación en la conservación del aljibe de El Castellar, pues es el que presenta, una mejor resistencia a las inclemencias físicas y químicas a las que se expondrá en el yacimiento.

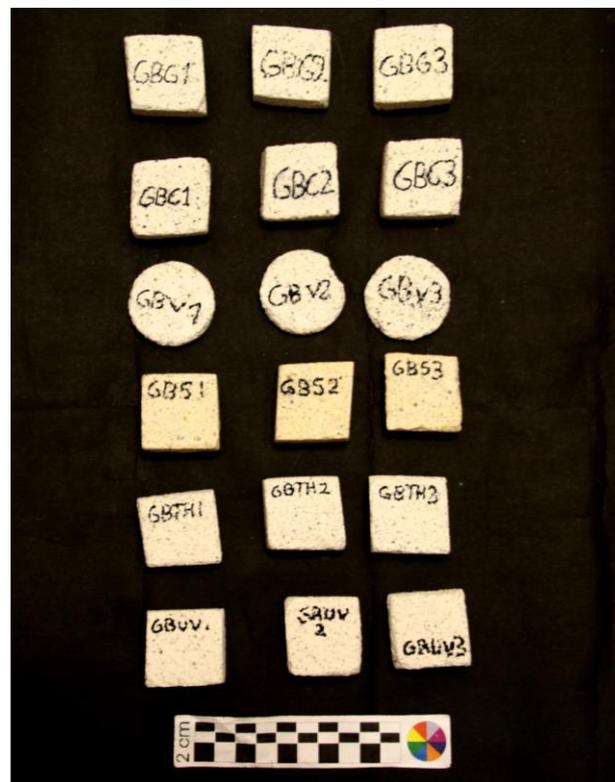


Fig. 27. Mortero finalmente seleccionado (mortero grupo B) tras las pruebas realizadas

# **BIBLIOGRAFIA**



## 8. BIBLIOGRAFIA

### Referenciada

- AENOR. Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad. UNE-EN 15801. Madrid: AENOR, 2010.
- AENOR. Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua ( $\delta_p$ ). UNE-EN 15803. Madrid: AENOR, 2010.
- ALONSO, F.J.; ALONSO, L y VÁZQUEZ, P. Propiedades hídras y anisotropía en rocas sedimentarias porosas [en línea]. Oviedo: Dpto. Geología. Universidad de Oviedo, 2012. Disponible en: <http://www.researchgate.net/publication/237009607>
- AURA TORTOSA J.E.; y SEGURA MARTÍ J.M. (coord.). *Catálogo Museu Arqueològic Municipal camil Visedo Moltó. Alcoi*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo D.L., 2000.
  - BARRACHINA IBAÑEZ, A.M. y MOLTÓ GISBERT, S. El Puig (Alcoy). En AURA TORTOSA, J.E.; y SEGURA MARTÍ, J.Mª. (coord.). *Catálogo Museu Arqueològic Municipal camil Visedo Moltó. Alcoi*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2000. p. 101 – 104.
  - GALVÁN SANTOS, B. El salt. En AURA TORTOSA J.E.; y SEGURA MARTÍ J.Mª. (coord.). *Catálogo Museu Arqueològic Municipal camil Visedo Moltó. Alcoi*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2000. p. 59 – 62.
  - HERNÁNDEZ PÉREZ, M. La Sarga. En AURA TORTOSA J.E.; y SEGURA MARTÍ J.Mª. (coord.). *Catálogo Museu Arqueològic Municipal camil Visedo Moltó. Alcoi*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2000. p. 87 – 92.
  - OLCINA DOMENECH, M. La Serreta (Alcoy, Cocentaina, Penàguila). En AURA TORTOSA, J.E.; y SEGURA MARTÍ, J.Mª. (coord.). *Catálogo Museu Arqueològic Municipal camil Visedo Moltó. Alcoi*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2000. p. 105 – 112.
- AZUAR, R. *Denia islámica: arqueología y poblamiento*. Alicante: Instituto de cultura Juan Gil-Albert, 1989, p. 134 – 164.
- GONZALEZ, M. Los musulmanes en España hasta finales del califato. En CLARAMUNT, S.; PORTELA, E.; GONZALEZ, M. y MITRE, E. *Historia de la Edad Media*. Barcelona: Ariel, 2006, p.100 – 105.
- GUICHARD, P. y TORRO ABAD, J. *Al-Andalus Frente a La Conquista Cristiana: Los Musulmanes De Valencia (Siglos XI-XV)*. Madrid; Valencia: Biblioteca Nueva, 2001.

- GRAU MIRA, I y SEGURA MARTÍ, J.M *El oppidum ibérico de el Puig d'Alcoi. Asentamiento y paisaje en las montañas de la contestania*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Museo Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó, 20013.
- HERNÁNDEZ PEREZ, M. Y SEGURA MARTÍ, J. M. (coord.). *La Sarga. Arte rupestre y territorio*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2002.
  - MARTÍNEZ VALLE, R. La Sarga (Alcoy, Alicante) un proyecto para la conservación del yacimiento. En HERNÁNDEZ PEREZ, M. Y SEGURA MARTÍ, J. M. (coord.) *La Sarga. Arte rupestre y territorio*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy – Caja de Ahorros del Mediterráneo, D.L., 2002 p. 195 – 204.
- LÓPEZ ELUM, P. *Los castillos valencianos en la Edad Media: (materiales y técnicas constructivas)*. Valencia: Biblioteca Valenciana, 2002, Vol. II.
- OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. Informe analítico 1-15-02. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015
- PÉREZ BOTÍ, G. La caracterización de la cerámica islámica de El Castellar de Alcoi (Alicante) de finales del siglo IX y siglo X: el horizonte Castellar I. [en línea] *Recerques del museu d'Alcoi*, (22 – 23): 53 – 68, 2013 – 2014. Disponible en: <<http://www.raco.cat/index.php/RecerquesMuseuAlcoi/article/view/277352>> [Consulta: 16 abril 2015].
- PÉREZ BOTÍ, G. La evolución formal de la serie “tapadera” de El Castellar de Alcoi (Alicante) en época islámica. [en línea] *Recerques del museu d'Alcoi*. (16): 183 – 190, 2007. Disponible en: <<http://www.raco.cat/index.php/RecerquesMuseuAlcoi/article/view/172371/0>> [Consulta: 14 mayo 2015].
- PÉREZ BOTÍ, G. La evolución formal y cronológica de la cazuela andalusí en El Castellar (Alcoi, Alacant). [en línea] *Recerques del museu d'Alcoi*, (15): 85 – 92, 2006. Disponible en: <<http://www.raco.cat/index.php/RecerquesMuseuAlcoi/article/view/172643/0>> [Consulta: 26 mayo 2015].
- PEREZ BOTÍ, G. Els últims habitanst del Castellar d'Alcoi. Alcoy. *Revista de las fiestas de moros y cristianos*: 206 – 207, 2015.
- SEGURA I MARTÍ, J.M.; TORRO I ABAD, J. *Cataleg castellològic de l'àrea de treball del museu arqueològic municipal d'Alcoi*. Alcoi: C.A.E.H.A., d.I.-Graficas el Cid, 1984.
- SEGURA MARTÍ, J.M., Museu Arqueològic Municipal d'Alcoi Camil Visedo i Moltó. *Memòria d'activitats de 2013*. [en línea ] *Recerques del museu d'Alcoi*. (22 – 23): 195 – 204, 2013 – 2014 [Consulta: 3/9/ 2015].

- SEGURA MARTÍ, J.M., Museu Arqueològic Municipal d'Alcoi Camil Visedo i Moltó. Memòria d'activitats de 2013. [en línea ] Recerques del museu d'Alcoi. (24): 197 – 203, 2013 – 2014 [Consulta: 3/9/ 2015].
- TORRO I ABAD, J. Arqueología medieval de Alcoy y su entorno. En VV.AA. *Alcoy, Prehistoria y Arqueología. Cien años de investigación*. Alcoy: Ayuntamiento de Alcoy - Instituto de Estudios Juan Gil-Albert, 1984. p. 277 - 309
- TORRO, J. y FERRER, P. La sociedad andalusí (I). En MORENO SÁEZ, F. (Coord.) *Historia de l'Alcoia, El Comtat y la Foia de Castalla*. Alicante: Editorial Prensa Alicantina s.a., 1996, vol. 1, p. 169 – 180
- X-Rite World Headquarters. *Defining color. System for precise color validation: Munsell color*. Michigan (USA): X-Rite, 2007.

#### Bibliografía

- CARRASCOSA MOLINER, B. y LORENZO MORA, F. Estudios previos en morteros tradicionales de cal para la evolución de su comportamiento hídrico y la idoneidad de ser empleados en clima tropical. *ARCHÉ*,(6 y 7): 55 – 62,, 2011 y 2012.
- ONTIVEROS ORTEGA, E. y VILLEGAS SÁNCHEZ, R. Programa de normalización de estudios previos y control de calidad en las intervenciones: Propiedades hídricas (2ª parte). *PH: Boletín del IAPH*, (37): 84 – 93, 2001.
- ALEJANDRE SANCHEZ, F.J.; FLORES ALÉS, V.; BLASCO LÓPEZ F.J y MARTIN DEL RIO J.J. *La cal: investigación, patrimonio y restauración*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2014.
  - Calama Rodríguez, J.M. Idoneidad de los morteros de cal para revestimientos en la restauración patrimonial. En ALEJANDRE SANCHEZ, F.J.; FLORES ALÉS, V.; BLASCO LÓPEZ F.J y MARTIN DEL RIO J.J. *La cal: investigación, patrimonio y restauración*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2014. p. 119 – 134.
  - GURRIARÁN DAZA, P. y SNACEL SÁNCHEZ, D. La restauración de tapiales históricos de hormigón de cal. En ALEJANDRE SANCHEZ, F.J.; FLORES ALÉS, V.; BLASCO LÓPEZ F.J y MARTIN DEL RIO J.J. *La cal: investigación, patrimonio y restauración*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2014. p. 167 – 188.
- GÁRATE ROJAS, I. *El arte de la cal*. Madrid: Ministerio de Cultura. 1993.

## Webs

- [www.acifalcoi.com](http://www.acifalcoi.com)
- <https://www.researchgate.net/>
- <http://www.irp.webs.upv.es/>
- <http://global.britannica.com/>
- [http://www.alcoi.org/es/areas/cultura/museo/publicaciones/publi\\_recerques.html](http://www.alcoi.org/es/areas/cultura/museo/publicaciones/publi_recerques.html)

# **A**GRADECIMIENTOS



## 9. AGRADECIMIENTOS

Agradezco el esfuerzo mostrado a todas aquellas instituciones y personas que han hecho posible este trabajo final de master, en especial a mi tutora, Begoña Carrascosa Moliner, por su infinita paciencia a las miles de preguntas repetidas y correos enviados. También por confiar en mí para poder sacar adelante este trabajo y ayudarme con sus consejos.

Gracias al Museo Arqueológico Municipal de Alcoy, en especial a su Director, José María Segura Martí, por el apoyo económico aportado para poder realizar las pruebas analíticas, pero sobre todo por toda la ayuda y conocimientos recibidos, no sólo durante esta investigación, sino durante todos estos años como voluntaria en el museo.

Gracias al Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia, especialmente a Laura Osete Cortina, por su ayuda ofrecida en los análisis físico-químicos y esas explicaciones tan fáciles de entender. Gracias por no ponérmelo más difícil.

Agradecer la amabilidad infinita y ayuda prestada a Carlos Hidalgo, María Elvira Garrido y Ángel Morilla del Laboratorio de Geotécnica del Departamento de Ingeniería del Terreno de la UPV.

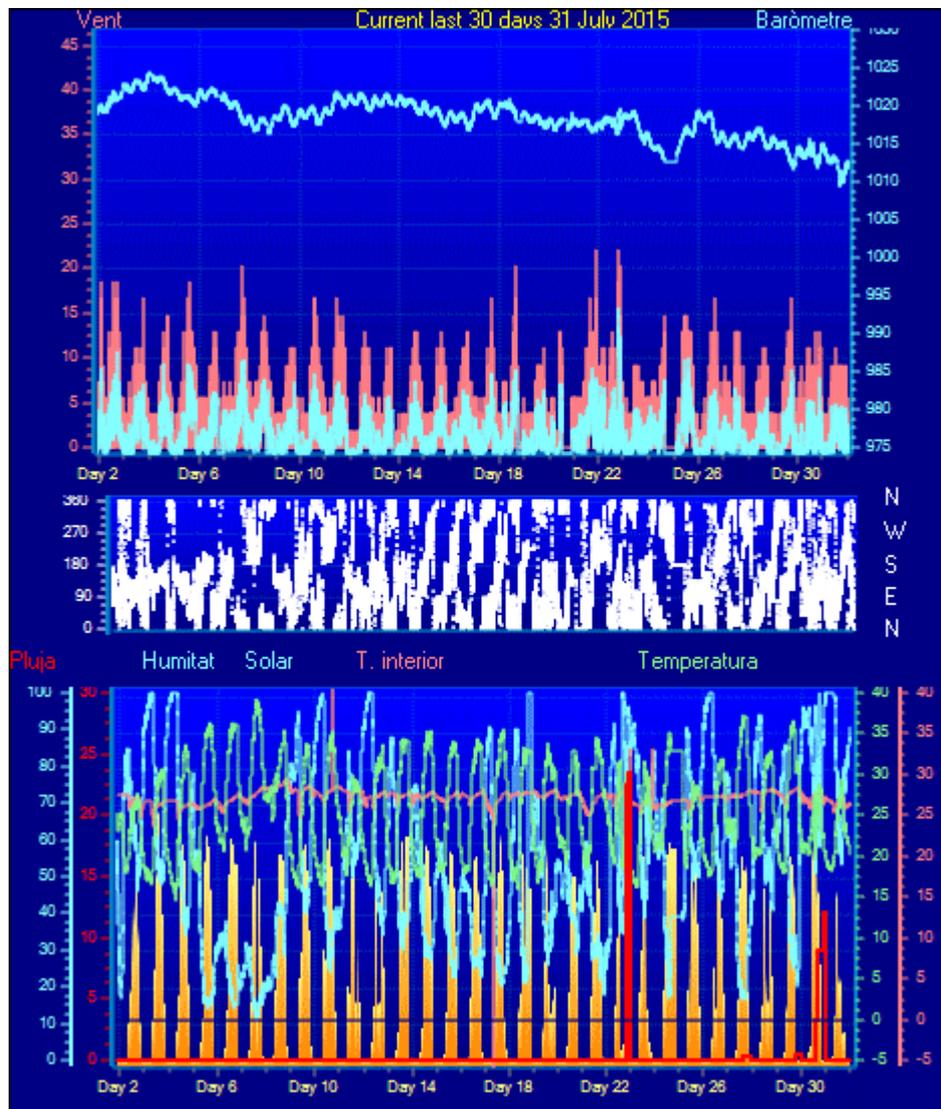


# **A**NEXOS



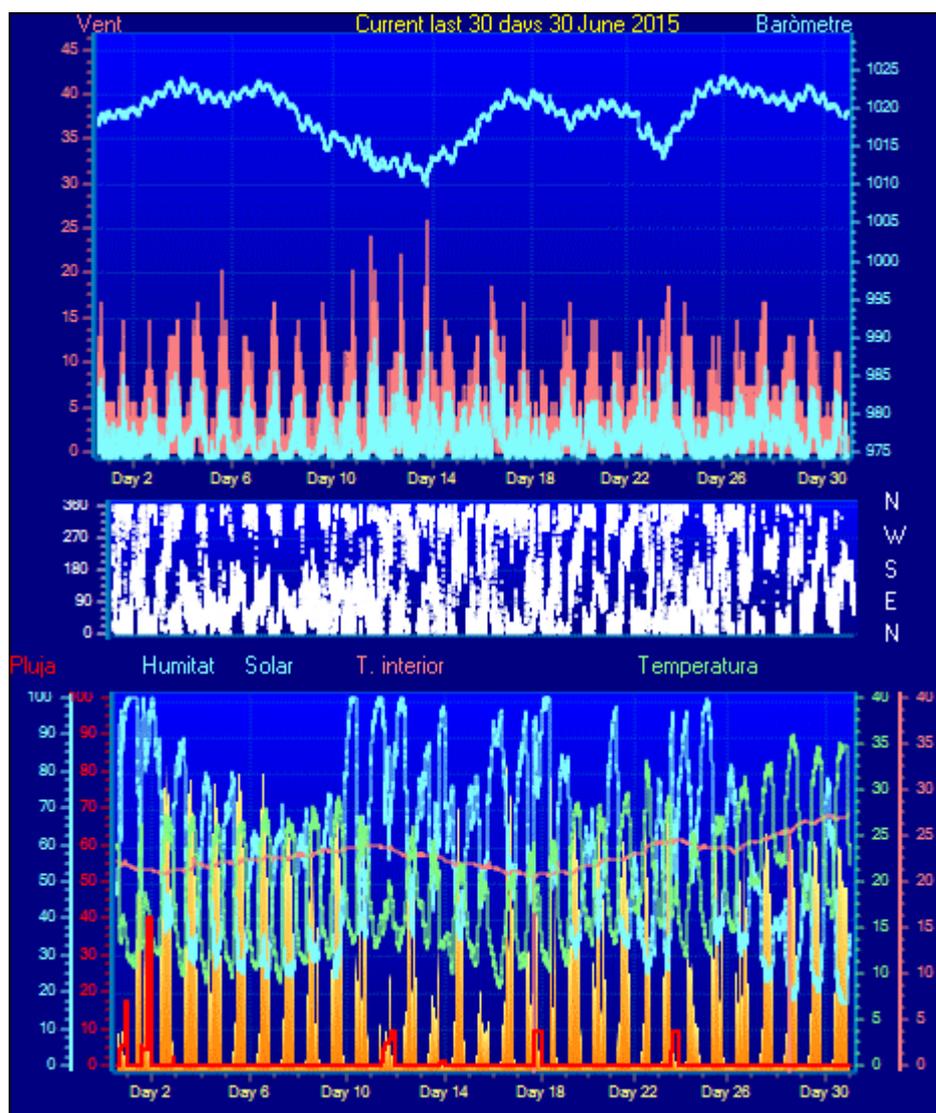
## 10.1 ANEXO 1. CLIMATOLOGÍA

Tabla 1.



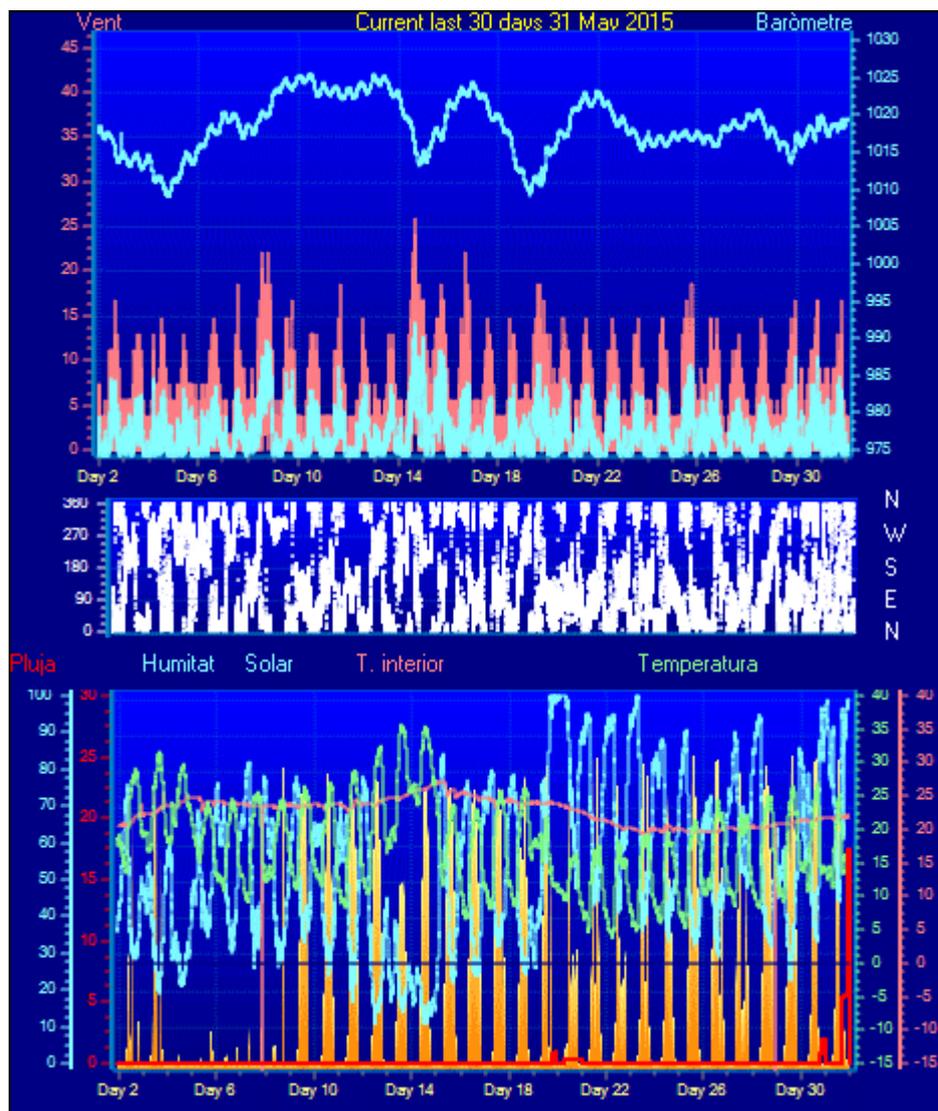
Datos mes de julio 2015. Agrupación Contra Forestales de Alcoi. ACIF. Disponible en: [http://kona2.alc.upv.es/Estacio\\_Meteorologica/Calendari.html](http://kona2.alc.upv.es/Estacio_Meteorologica/Calendari.html) >. [Consulta: 1/9/2015]

Tabla 2.



Datos mes de junio 2015. Agrupación Contra Forestales de Alcoi. ACIF. Disponible en: [http://kona2.alc.upv.es/Estacio\\_Meteorologica/Calendari.html](http://kona2.alc.upv.es/Estacio_Meteorologica/Calendari.html) >. [Consulta: 1/9/2015]

Tabla 3.



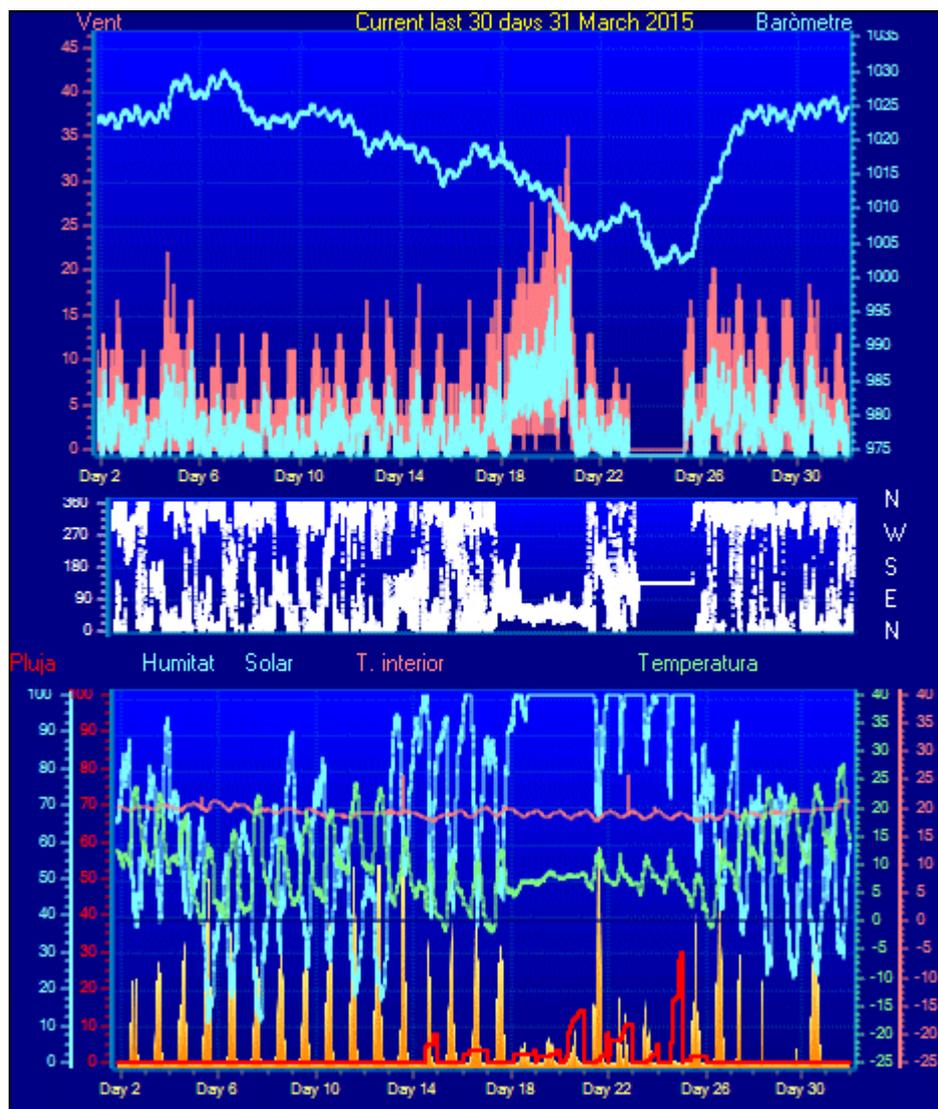
Datos mes de mayo 2015. Agrupación Contra Forestales de Alcoi. ACIF. Disponible en: [http://kona2.alc.upv.es/Estacio\\_Meteorologica/Calendari.html](http://kona2.alc.upv.es/Estacio_Meteorologica/Calendari.html) >. [Consulta: 1/9/2015]

Tabla 4.

<b>Records to date for the year</b>	
temp. màxima	39.3 °C at: 15:17 on: 07 Jul 2015
temp. mínima	-5.3 °C at: 08:55 on: 07 Feb 2015
ratxa més forta	148.2 kmh 00° at: 17:18 on: 07 Aug 2015
Record high average speed	47.0 kmh 315° at: 03:22 on: 31 Jan 2015
fredor vent màxima	-12.9 °C at: 10:17 on: 04 Feb 2015
pluja màxima	5.1 mm/min at: 14:20 on: 30 Jul 2015
pressió mínima	992.0 mb at: 05:04 on: 31 Jan 2015
pressió màxima	1040.4 mb at: 10:20 on: 09 Jan 2015
pluja en 1 dia	30.0 mm at: 23:40 on: 24 Mar 2015
pluja en 1 hora	116.9 mm at: 20:16 on: 22 Jul 2015
die més càlid	33.0 °C on: 07 Jul 2015
nit més freda	-2.2 °C on: 07 Feb 2015
día més fred	0.4 °C on: 07 Feb 2015
nit més càlida	30.8 °C on: 25 Jul 2015
Record high heat index	59.1 °C at: 17:18 on: 18 Jul 2015
Record high Dew point	32.9 °C at: 22:07 on: 18 Jul 2015
Record low Dew Point	-18.1 °C at: 14:23 on: 05 Mar 2015
Record high humidity	100 % at: 05:39 on: 07 Jan 2015
Record low humidity	11 % at: 14:10 on: 05 Mar 2015
Record high solar	1283.0 w/m2 at: 14:53 on: 18 Jun 2015

Datos anuales 2014. Agrupación Contra Forestales de Alcoi. ACIF. Disponible en: <[http://kona2.alc.upv.es/Estacio\\_Meteorologica/alltimerecordsyear.gif](http://kona2.alc.upv.es/Estacio_Meteorologica/alltimerecordsyear.gif)>. [Consulta: 1/9/2015]

Tabla 5.



Datos mes de marzo 2015. Agrupación Contra Forestales de Alcoi. ACIF. Disponible en: [http://kona2.alc.upv.es/Estacio\\_Meteorologica/Calendari.html](http://kona2.alc.upv.es/Estacio_Meteorologica/Calendari.html) >. [Consulta: 1/9/2015]



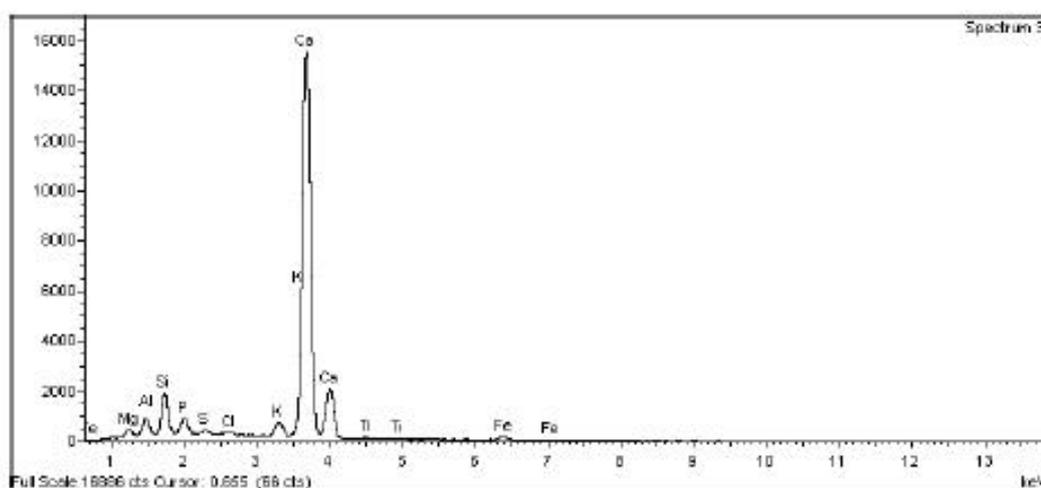
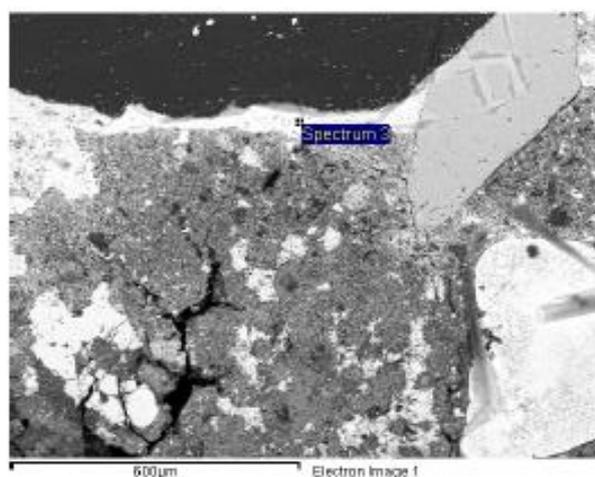
## 10.2 ANEXO 2. INFORME ANALÍTICO

Fig. 1.

<b>MUESTRA M1</b> det, bks, x100	<b>Capa 1</b> ID: M1
-------------------------------------	-------------------------

**Interpretación de resultados:** Análisis puntual. Calcita, minerales arcillosos, sales (sulfatos, fosfatos, cloruros).

Element	Weight%	Compd%	Formula
Mg K	0.90	1.49	MgO
Al K	1.70	3.21	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	4.06	8.68	SiO <sub>2</sub>
P K	1.84	4.23	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
S K	0.41	1.02	SO <sub>3</sub>
Cl K	0.23	0.00	
K K	1.58	1.90	K <sub>2</sub> O
Ca K	55.27	77.33	CaO
Ti K	0.20	0.33	TiO <sub>2</sub>
Fe K	1.23	1.58	FeO
O	32.59		
Totals	100.00		



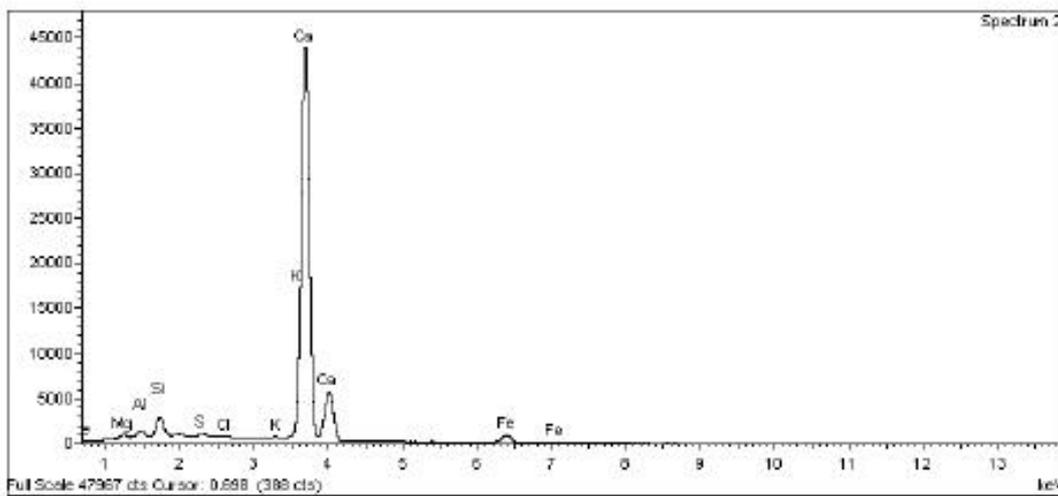
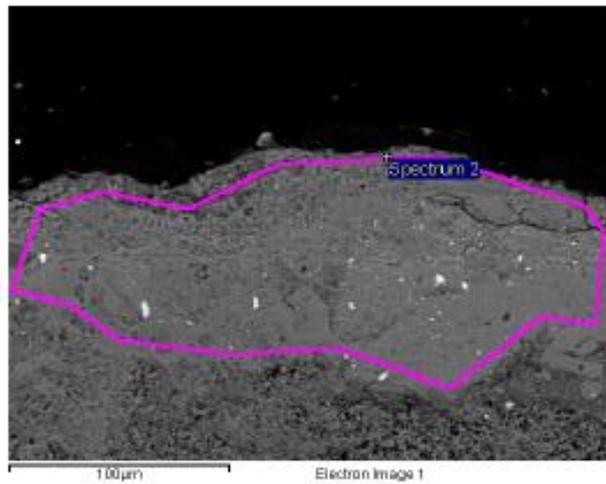
Espectro 1 de la muestra 1. OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. *Informe analítico 1-15-02*. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015.

Fig. 2.

<p><b>MUESTRA M1</b></p> <p>det pict, bks, x450</p>	<p><b>Capa 2</b></p> <p>ID: M1</p>
---	------------------------------------

**Interpretación de resultados:** Análisis de área. Calcita, minerales arcillosos, sales (sulfatos, cloruros).

Element	Weight%	Compd%	Formula
Mg K	0.47	0.77	MgO
Al K	0.75	1.42	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	2.17	4.64	SiO <sub>2</sub>
S K	0.45	1.13	SO <sub>3</sub>
Cl K	0.19	0.00	
K K	0.23	0.28	K <sub>2</sub> O
Ca K	62.50	87.45	CaO
Fe K	3.21	4.13	FeO
O	30.04		
Totals	100.00		

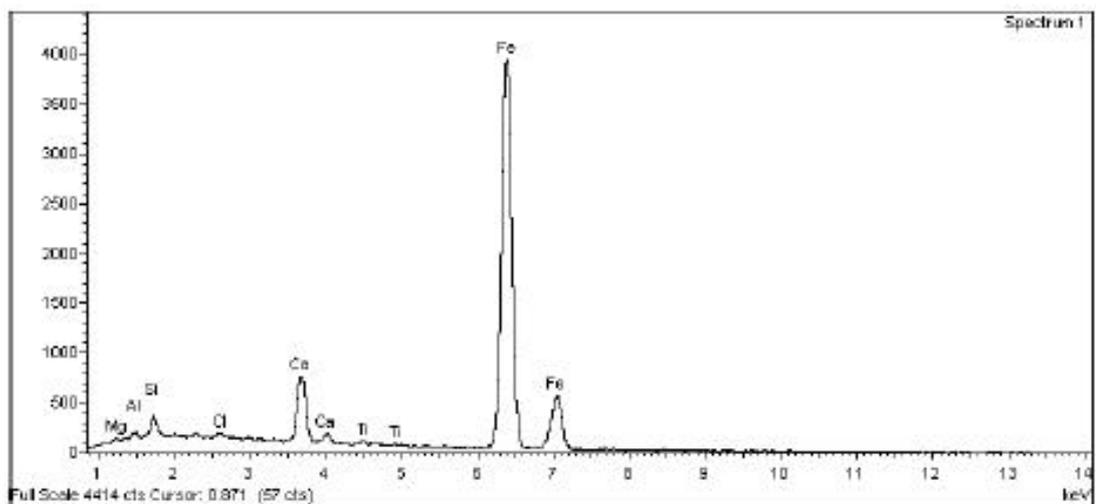
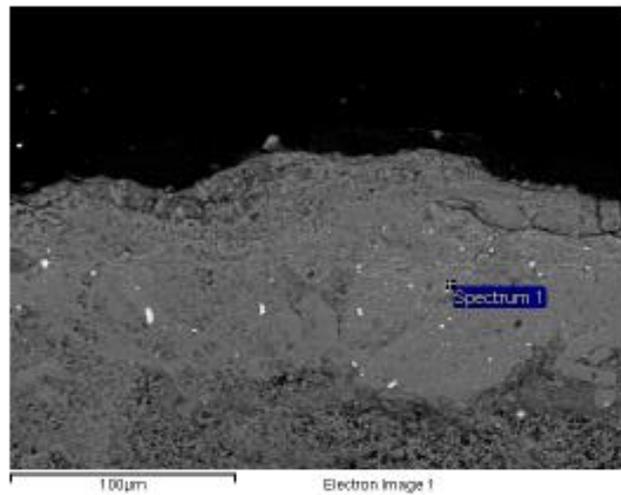


Espectro 2 de la muestra 1. OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. Informe analítico 1-15-02. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015.

Fig. 3.

<b>MUESTRA M1</b> det pict, bks, x450	<b>Capa 2</b> ID: M1
<b>Interpretación de resultados:</b> Análisis puntual. Óxidos de hierro, minerales arcillosos, calcita, sales (cloruros).	

Element	Weight%	Compd%	Formula
Mg K	0.43	0.71	MgO
Al K	0.43	0.81	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	1.16	2.47	SiO <sub>2</sub>
Cl K	0.22	0.00	
Ca K	4.32	6.05	CaO
Ti K	0.25	0.42	TiO <sub>2</sub>
Fe K	69.43	89.31	FeO
O	23.77		
Totals	100.00		

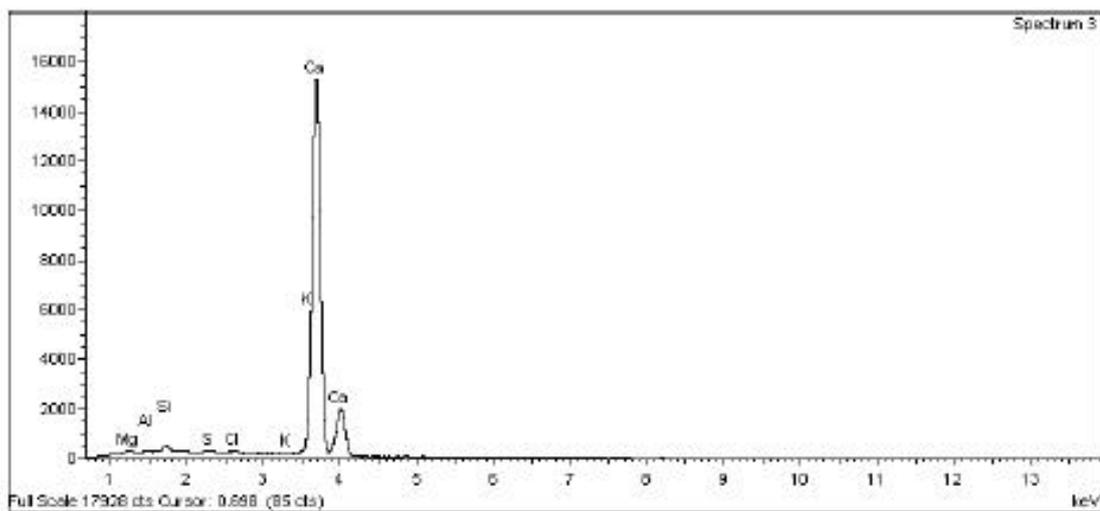
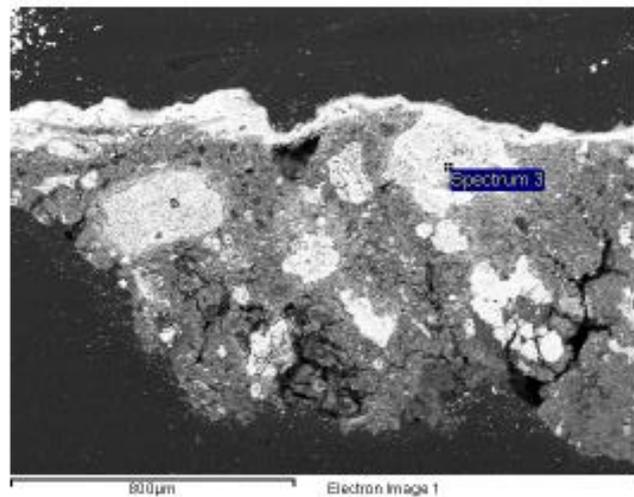


Espectro 3 de la muestra 1. OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. Informe analítico 1-15-02. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015.

Fig. 4.

<b>MUESTRA M1</b> det, bks, x70	<b>Mortero. Caliche</b> ID: M1
<b>Interpretación de resultados:</b> Análisis puntual. Calcita, minerales silíceos, sales (sulfatos, cloruros).	

Element	Weight%	Compd%	Formula
Mg K	0.50	0.84	MgO
Al K	0.26	0.50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	0.76	1.62	SiO <sub>2</sub>
S K	0.25	0.63	SO <sub>3</sub>
Cl K	0.22	0.00	
K K	0.25	0.30	K <sub>2</sub> O
Ca K	68.54	95.89	CaO
O	29.21		
Totals	100.00		

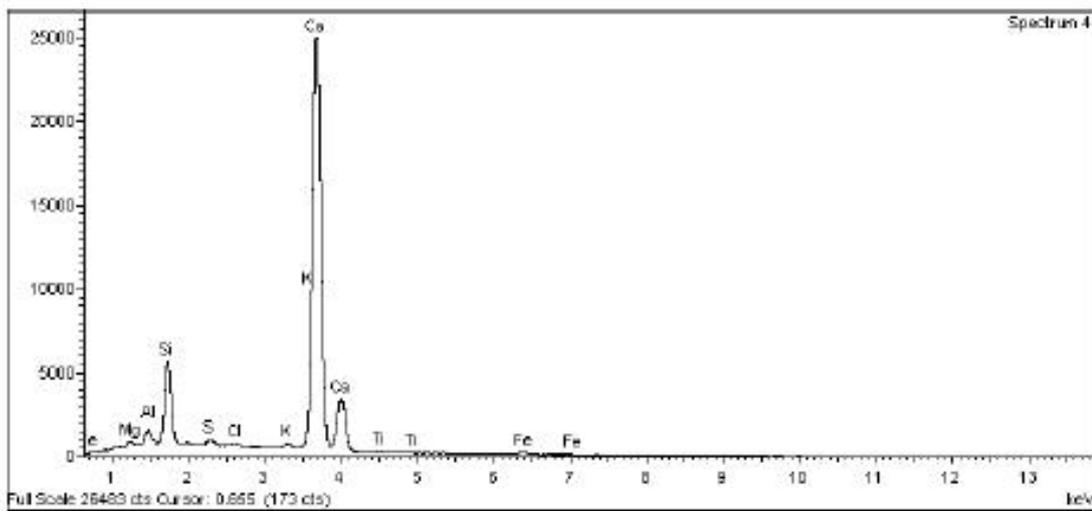
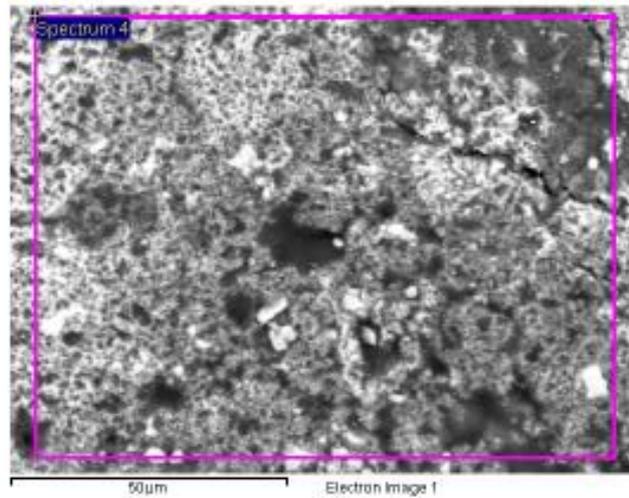


Espectro 6 de la muestra 1. OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. Informe analítico 1-15-02. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015.

Fig. 5.

<b>MUESTRA M1</b> det lig, bks, x1100	<b>Mortero. Ligante</b> ID: M1
<b>Interpretación de resultados:</b> Análisis de área. Calcita, minerales silíceos, sales (sulfatos, cloruros).	

Element	Weight%	Compd%	Formula
Mg K	0.52	0.86	MgO
Al K	1.28	2.42	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Si K	7.45	15.94	SiO <sub>2</sub>
S K	0.59	1.47	SO <sub>3</sub>
Cl K	0.25	0.00	
K K	0.45	0.54	K <sub>2</sub> O
Ca K	55.19	77.22	CaO
Ti K	0.19	0.32	TiO <sub>2</sub>
Fe K	0.76	0.98	FeO
O	33.32		
Totals	100.00		



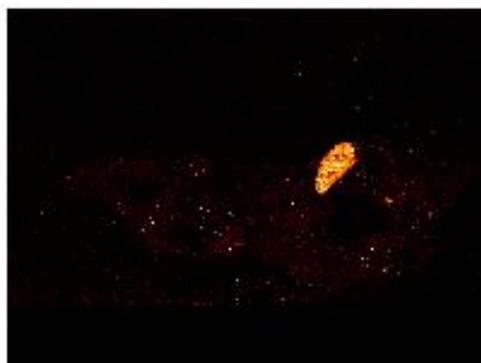
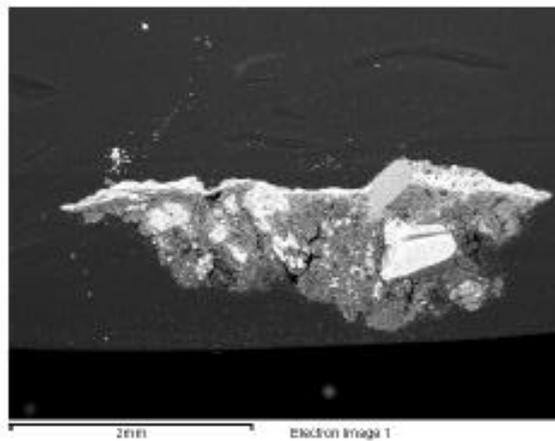
Espectro 7 de la muestra 1. OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. Informe analítico 1-15-02. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015.

Fig. 6.

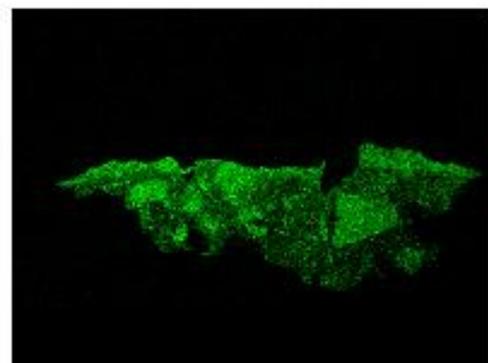
### **DISTRIBUCIÓN PUNTUAL DE ELEMENTOS 1**

<b>MUESTRA M1</b> GEN, BKS, X23	<b>Mortero</b> ID: M1
------------------------------------	--------------------------

**Interpretación de resultados:** Se observa que el calcio (Ca), asociado a la presencia de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), se distribuye de manera homogénea en el material ligante y gran parte de los granos de árido. Por otro lado, el silicio (Si), relativo a minerales silíceos, se concentra en algún grano aislado de árido, y de manera más puntual en el material ligante.



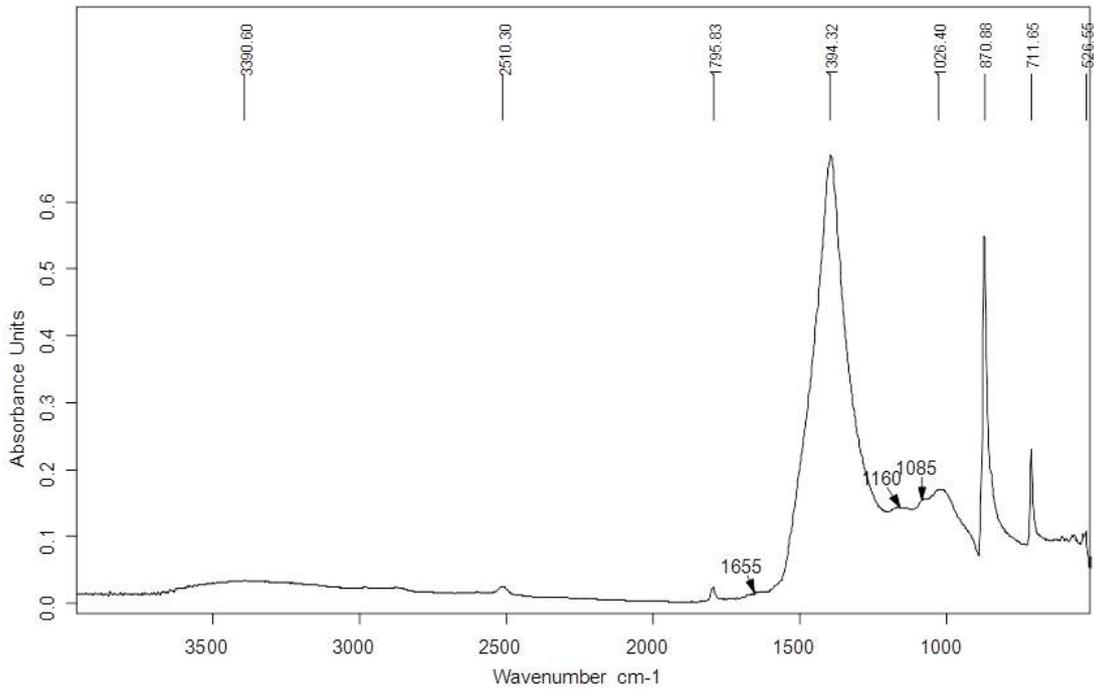
Si Kα1



Ca Kα1

Distribución puntual de los elementos. OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. Informe analítico 1-15-02. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015.

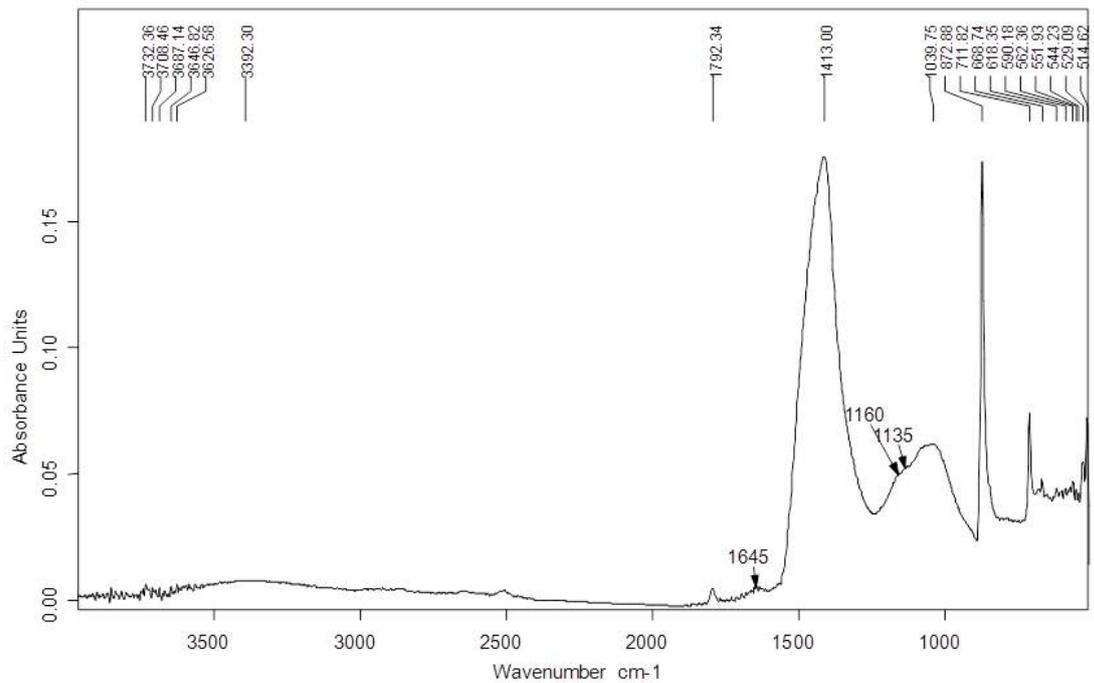
Fig. 8.



Esp

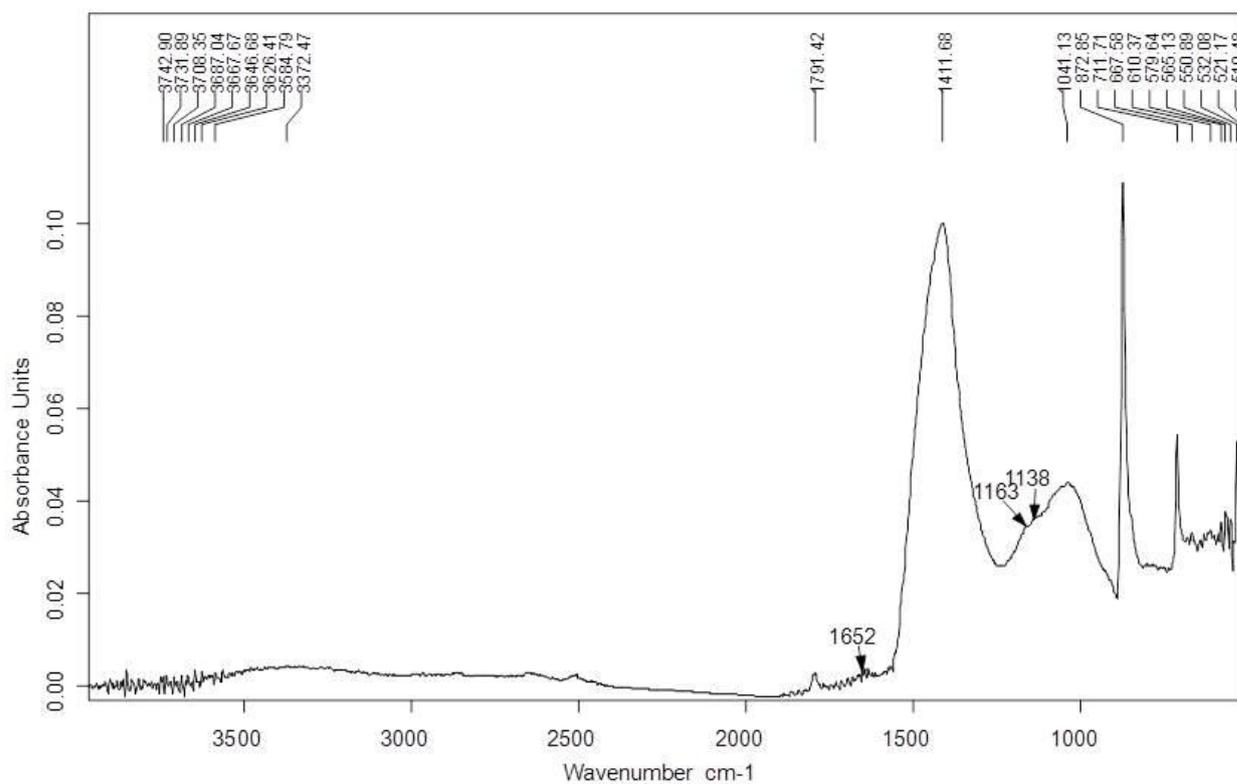
espectro infrarrojo de la fracción retenida en el tamiz 1 mm. OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. Informe analítico 1-15-02. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015.

Fig. 9.



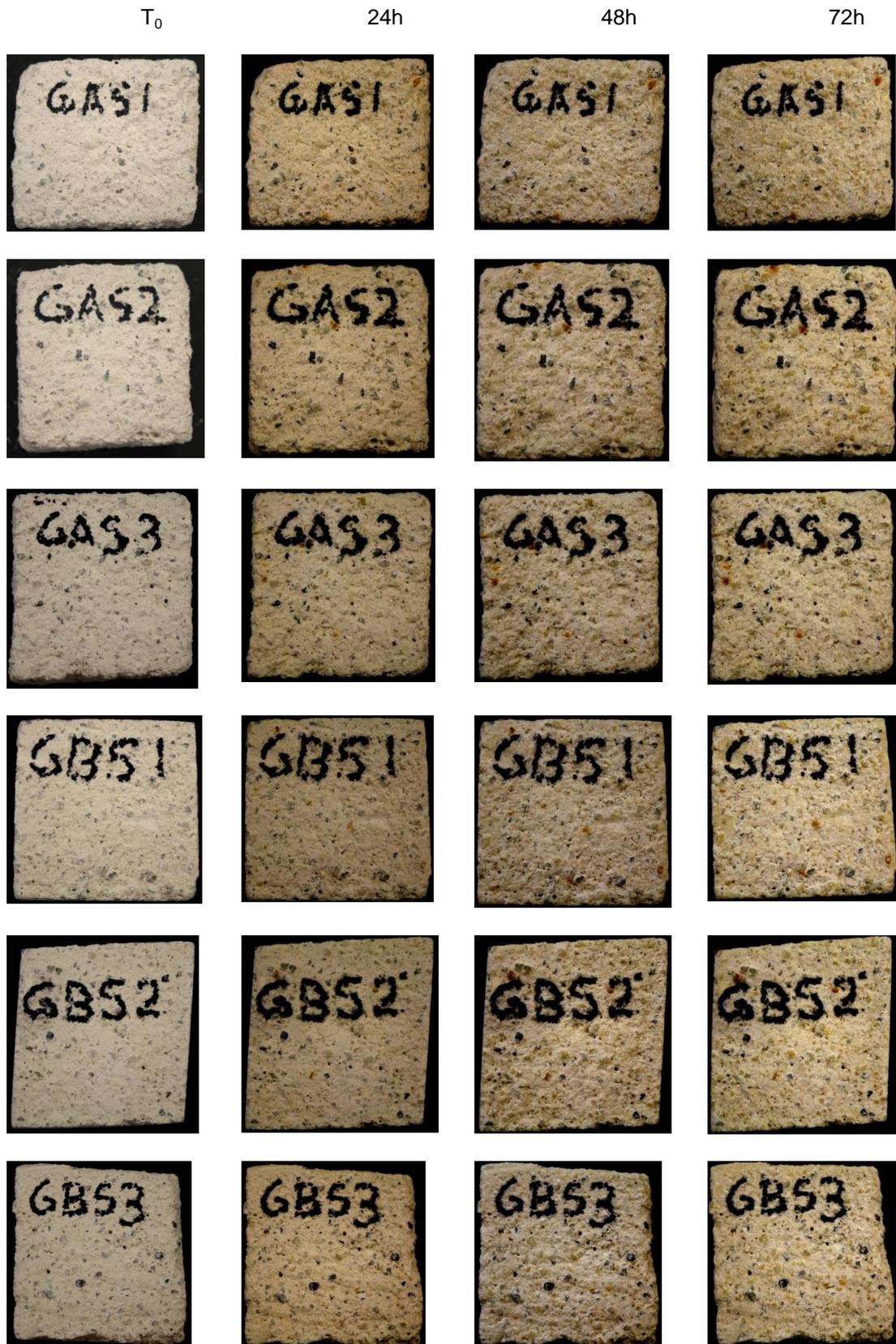
Espectro infrarrojo de la fracción retenida en el tamiz de 0, 125 mm. OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. Informe analítico 1-15-02. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015.

Fig. 10.



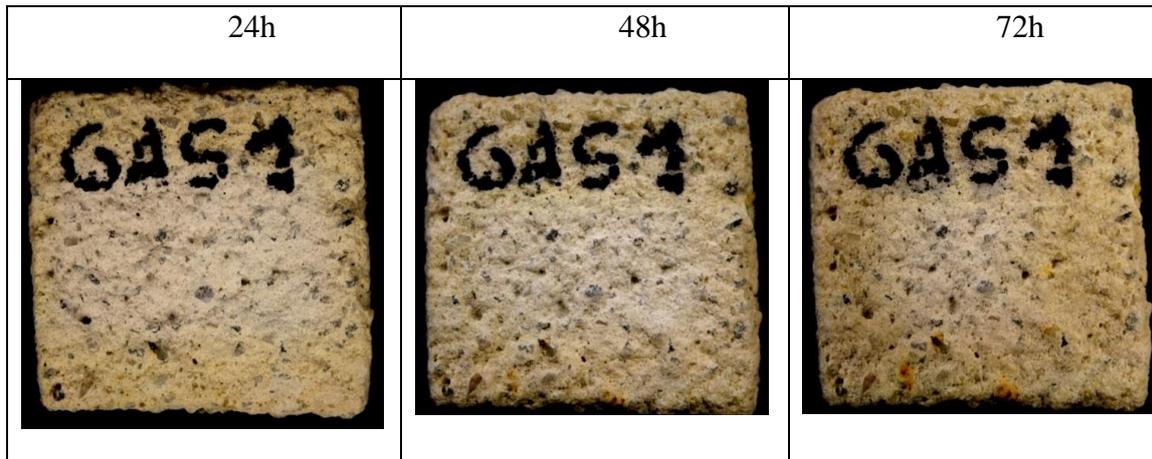
Espectro infrarrojo del material ligante (fracción inferior a 0,063 mm). OSETE CORTINA, L. y DOMENECH CARBÓ, M.T. Informe analítico 1-15-02. Valencia: Instituto de Restauración del Patrimonio, 2015.

Fig. 11.



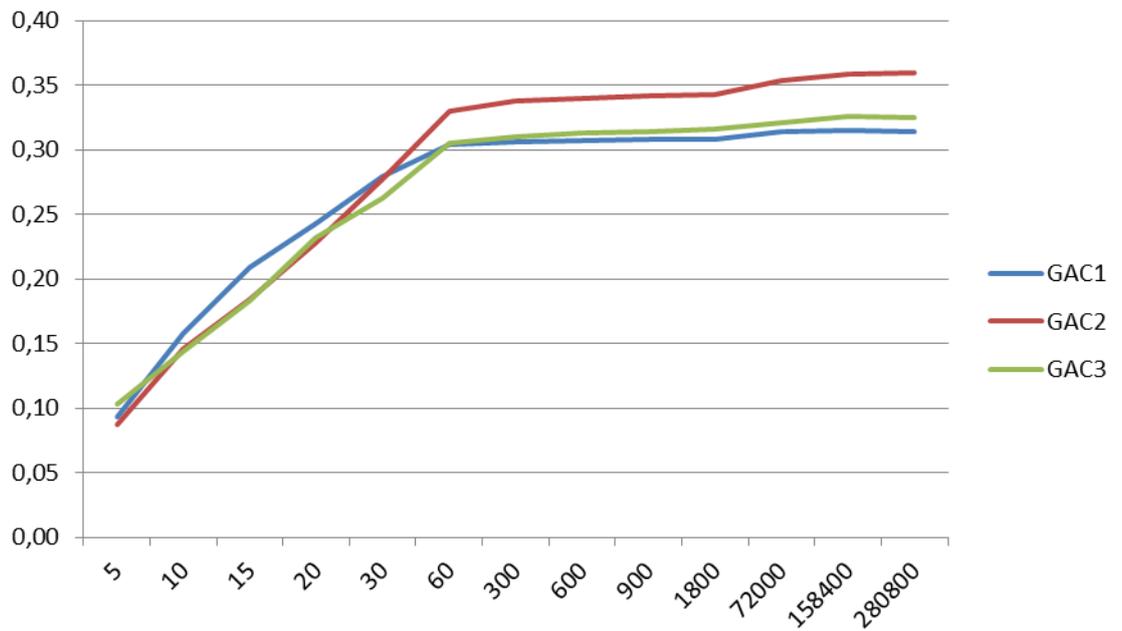
Degradación de las probetas de cámara de atmosfera saturada de  $SO_2$ .

Fig. 12.



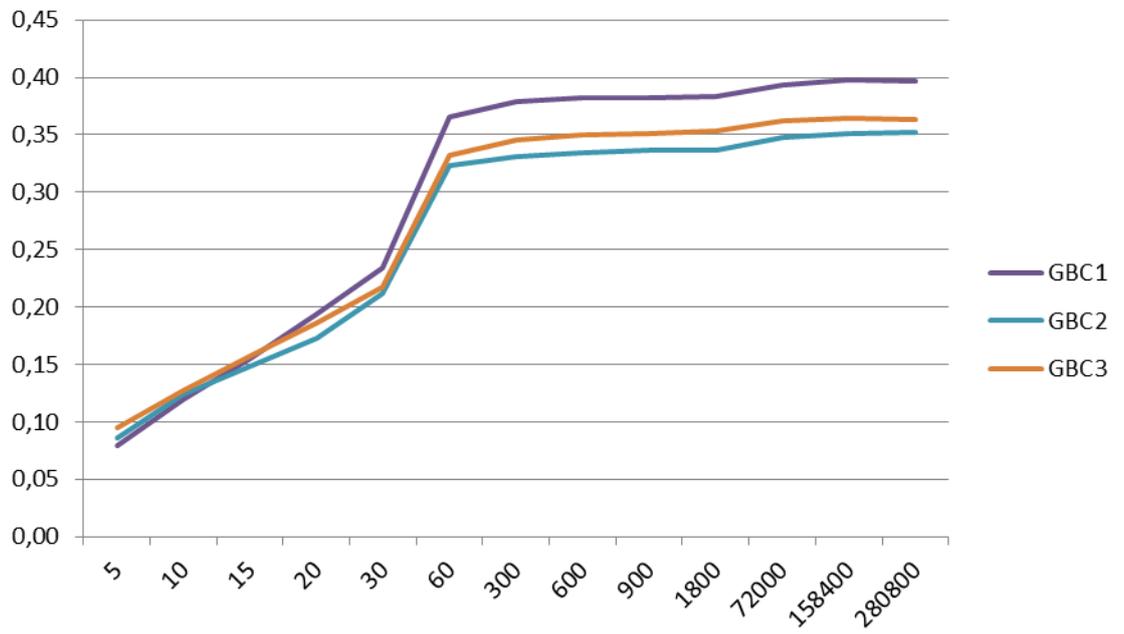
Ejemplo de concentración de la progresión de corrosión en la zona baja de las probetas en cámara de atmosfera saturada de SO<sub>2</sub>.

Gráfico 1.



Curva de absorción de agua por capilaridad de las probetas del grupo A en gr/cm<sup>2</sup>

Grafico 2.



Curva de absorción de agua por capilaridad de las probetas del grupo B en gr/cm<sup>2</sup>