

## El problema de conservación de los metales; la construcción de una cámara de baja humedad en el Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó

JOSEP H. MIRÓ SEGURA\*

*El presente artículo repasa los problemas de conservación de las colecciones arqueológicas de naturaleza metálica y la solución de estos problemas mediante la instalación de una cámara de baja humedad en el Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó.*

*Palabras clave: Museología. Conservación preventiva. Metales. Humedad Relativa. Clima de museo.*

*Aquest article fa un repàs dels problemes de conservació de les col·leccions arqueològiques de naturalesa metàl·lica i la solució d'aquests mitjançant la instal·lació d'una cambra de baixa humitat al Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó.*

*Paraules clau: Museologia, Conservació preventiva, Metalls, Humitat Relativa, Clima de museu.*

*The problems of conservation of archaeological metals. The installation of a low humidity camera in the Museu Arqueològic Municipal "Camil Visedo Moltó"*

*The present article reviews the problems of conservation of the archaeological metal collections. As well, we present the solution to these problems by means of the installation of a low humidity camera in the Museu Arqueològic Municipal "Camil Visedo Moltó".*

*Key words: Museology. Preventive Conservation. Metals. Relative Humidity. Museum Climate.*

### ANTECEDENTES

Una de las prioridades de cualquier institución museística es la óptima conservación de sus colecciones, fundamento básico de la preservación del Patrimonio. Siguiendo este precepto, el Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó, ha tenido como preocupación constante la aplicación de mejoras en la conservación de sus fondos. En este sentido, y con la finalidad de detectar los posibles problemas derivados de las tasas de humedad y temperatura, principales factores que pueden alterar las propiedades físicas de los objetos arqueológicos, se iniciaron en el mes de enero del año 1978 las primeras tomas de datos climáticos de una forma sistemática. Cabe reseñar que en los estallos correspondientes a esos años se tomaban los siguientes datos: temperatura máxima y mínima y humedad relativa en la sala I de exposición, y temperaturas en el interior de las vitrinas 35 y 60, ampliándose la toma de

datos en el año 1980 a la sala situada en la planta baja (exposiciones temporales) y al almacén del museo de la planta superior. Tanto la información obtenida como la metodología empleada no cabe más que calificarla de impecable y exhaustiva –en la mayoría de los casos se realizaban dos tomas de datos diarias. La elaboración de gráficas, las notas al margen, los resúmenes, nos hablan no de un trabajo protocolario, sino de una verdadera preocupación de las personas que en esos años prestaban sus servicios en este museo.

Poder disponer de largas series de datos y su posterior estudio, nos ha permitido conocer el comportamiento climático del edificio que alberga el museo arqueológico, detectar el origen de algunos problemas de conservación y por consiguiente aplicar las medidas para subsanarlos.

### METODOLOGÍA

#### De la toma de datos

En el Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó, se realiza una toma diaria de datos de temperaturas máximas, mínimas y humedad relativa (HR) tanto del

\* Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó. Alcoi.  
e-mail: jmiro@alcoi.org

Media semanal de temperaturas y humedad relativa almacén del Museu Arqueològic, año 1998			
Semana	Max.	Min.	HR
1	14,0	11,7	62,7
2	15,5	11,7	61,2
3	15,6	11,1	54,9
4	15,6	12,1	55,1
5	15,4	11,3	62,3
6	16,6	12,7	64,6
7	17,1	12,7	64,6
8	18,0	14,3	59,3
9	17,6	14,3	55,1
10	20,7	17,0	59,3
11	20,0	17,3	53,6
12	18,6	16,1	54,0
13	19,1	16,9	58,3
14	20,3	17,1	61,0
15	19,4	17,3	55,6
16	18,0	14,0	53,1
17	20,8	17,3	54,5
18	20,2	17,7	55,0
19	19,0	17,0	56,9
20	21,0	18,7	62,4
21	22,4	20,3	62,6
22	21,6	19,1	63,3
23	24,4	22,3	61,1
24	28,0	25,4	56,3
25	27,0	24,2	57,4
26	30,4	26,6	51,9
27	30,8	27,8	49,6
28	32,2	28,4	43,0
29	32,2	28,6	48,8
30	33,2	29,2	44,2
31	34,6	31,2	45,6
32	29,8	25,4	47,8
33	31,8	27,8	39,0
34	31,2	28,4	53,2
35	32,4	28,8	49,2
36	30,4	28,2	55,6
37	30,8	27,2	47,0
38	28,6	25,6	50,8
39	24,4	21,6	64,0
40	21,9	19,3	62,1
41	20,3	17,6	58,9
42	20,0	18,0	61,4
43	19,1	17,6	59,0
44	19,9	18,1	60,1
45	19,7	17,3	62,9
46	17,3	15,0	69,7
47	17,0	13,3	67,7
48	14,1	10,4	63,0
49	14,9	11,4	60,6
50	13,9	10,6	63,7
51	18,4	14,9	62,1
52	16,0	11,6	56,6
53	13,0	10,0	61,8

Cuadro 1.

Media semanal de temperaturas y Humedad Relativa almacén del Museu Arqueològic, año 2000			
Semana	Max.	Min.	HR
1	19,0	9,0	53,0
2	18,8	9,8	52,2
3	18,0	9,9	54,3
4	18,9	10,3	54,0
5	15,7	8,0	58,2
6	20,6	14,4	54,3
7	20,4	15,9	53,7
8	22,1	16,7	52,3
9	21,9	16,5	51,6
10	21,7	17,1	50,1
11	22,6	18,3	51,1
12	21,7	17,3	51,6
13	20,7	15,7	55,6
14	21,9	16,3	51,9
15	23,0	16,4	48,6
16	23,6	17,6	50,6
17	22,9	19,4	53,9
18	22,7	19,9	51,0
19	20,3	18,0	60,0
20	21,9	18,9	60,1
21	25,6	22,7	56,6
22	24,6	22,3	61,4
23	28,9	24,3	55,9
24	27,6	23,1	53,0
25	26,3	22,0	51,4
26	28,4	24,0	57,3
27	30,0	25,0	56,8
28	32,0	26,6	49,2
29	29,6	24,4	53,4
30	29,2	23,4	57,0
31	31,8	24,8	51,0
32	32,0	26,2	53,0
33	28,8	23,8	48,6
34	32,0	26,7	40,3
35	32,4	27,2	42,8
36	30,0	25,2	55,6
37	27,6	23,2	59,6
38	26,4	22,4	53,8
39	26,8	22,8	50,2
40	24,7	21,4	59,0
41	22,7	21,0	56,6
42	21,1	18,9	57,6
43	22,7	17,9	56,0
44	22,3	18,3	59,1
45	21,9	16,3	57,4
46	21,1	14,1	55,4
47	21,6	13,3	55,4
48	20,7	14,1	56,1
49	19,9	15,3	60,0
50	20,3	15,5	56,5
51	21,7	14,4	51,9
52	19,7	12,6	53,1
53	19,6	11,4	58,4

Cuadro 2.

exterior del edificio como de diferentes puntos del interior, salas, interior de vitrinas con objetos metálicos, almacén, etc.

Dicha toma de datos se realiza entre las 8,00 y las 9,00 horas; en el caso del almacén de materiales se utiliza un termómetro de mercurio de máximas-mínimas para las temperaturas y un termohigrómetro digital del que se toma una medida puntual de la humedad relativa (Herráez y Rodríguez, 1989).

Para el presente trabajo se han utilizado los datos correspondientes a los años 1998 y 2001, esta elección viene motivada por la instalación de aire acondicionado/calefacción en esta dependencia entre los años 1999 y 2000, de forma que se pueda valorar la incidencia que esta infraestructura tiene sobre el clima del almacén de materiales del museo.

**De la gestión de los datos**

Para la gestión de los datos y elaboración de gráficos, se ha utilizado el programa MsExcel, agrupándose los datos por semanas naturales y obteniendo la media aritmética semanal mediante la formula:

$$\frac{T_1 + T_2 + \dots + T_7}{N^{\circ} \text{ de días semanas}}$$

A partir de la cual se ha generado una “tabla resumen” con 52 líneas de registro correspondientes a las semanas del año analizado, tomando como base estas tablas resumidas, se han elaborado las gráficas correspondientes de los años 1998 y 2001 (Cuadros 1-2) (fig. 1).

**DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ALMACÉN DEL MUSEO ARQUEOLÓGICO**

El almacén principal del Museu Arqueològic, ubicado en la última planta del ala derecha del edificio, construida en 1684, tiene una orientación norte-sur para mayor aprovechamiento de la luz solar, habilitado como almacén después de la última reforma (1985-1990). De planta alargada, cuenta con una superficie útil de 108 m<sup>2</sup> y su cubierta está abuhardillada, no cuenta con ningún tipo de aislamiento térmico y la ventilación depende de dos pequeñas ventanas al exterior, lo cual obligó a la instalación de un sistema mecánico de renovación de aire.

En cuanto a los datos climáticos, en el año 1998 se aprecia una oscilación térmica diaria correspondiente a la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima diaria, de 3,1° C. El pico máximo de temperatura fue registrado los días 28, 29 y 31 de julio con 35° C y el valor mínimo,

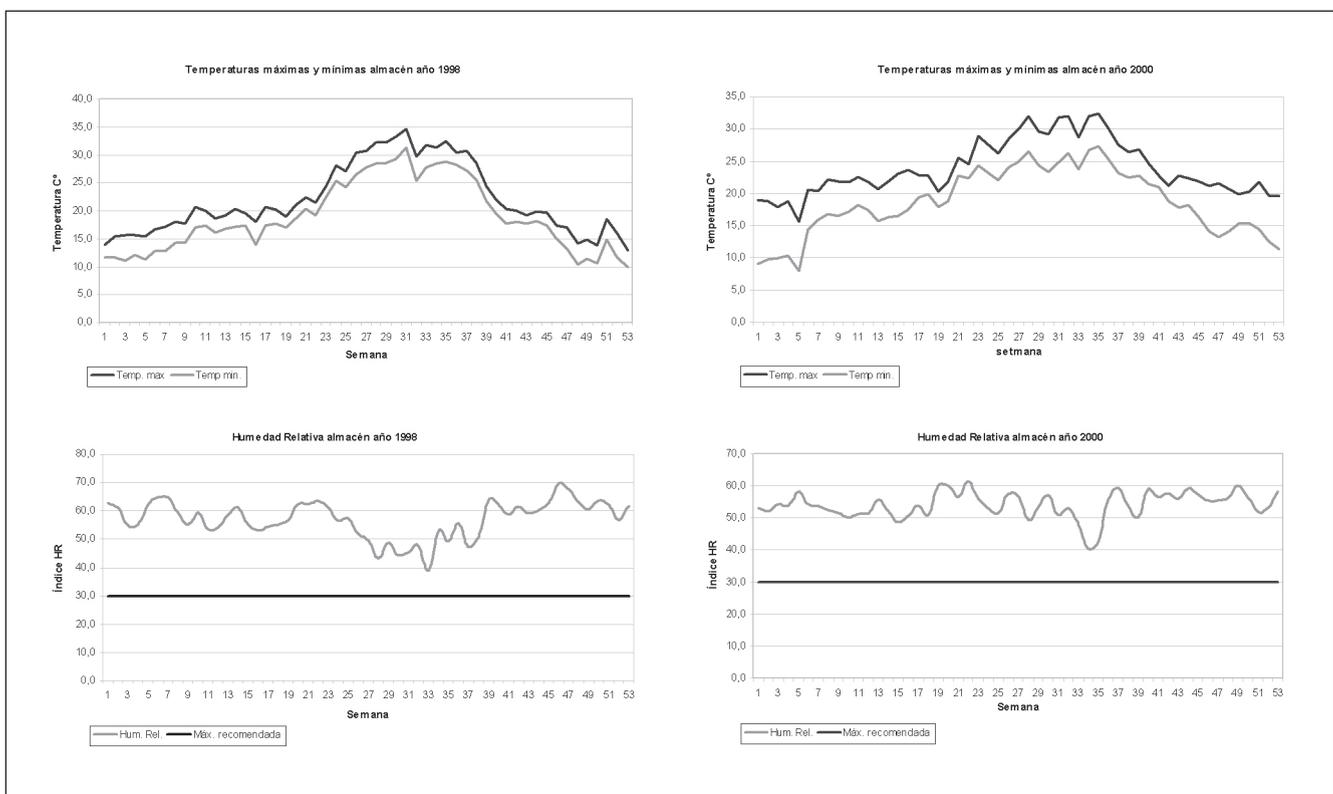


Figura 1.

8° C el 8 de diciembre, repitiéndose los días 27, 28 y 29 del mismo mes.

En cuanto a la humedad relativa, el valor máximo se dio los días 11 y 17 de noviembre con el 72% HR y el valor mínimo el 12 de agosto con el 36% HR.

En el año 2001 aumenta la oscilación de la temperatura diaria a 5,3° C, debido con toda seguridad a la instalación de aire acondicionado (refrigeración/calefacción) en los dos años anteriores, dándose los valores máximos de temperatura el 23 de julio con 36° C, y los mínimos el 25 de enero con 6° C. En cuanto a la humedad relativa los máximos estarían en valores del 65% HR los días 4 de septiembre y 27 de diciembre, y el mínimo el 20 de agosto con el 35% HR. Esta instalación de aire acondicionado, entraba en funcionamiento en horario laboral durante aproximadamente ocho horas diarias, en los meses de verano, se realizaban tres renovaciones completas del volumen de aire del almacén con un aparato extractor en horario nocturno.

Aunque las oscilaciones diarias son más acusadas durante el año 2000, en el análisis del ciclo anual sucede todo lo contrario, encontrándonos desviaciones estándar de las temperaturas máximas y mínimas en el año 1998 de 6,24° C, y de la humedad relativa de 6,54 puntos, mientras que en el año 2000 la desviación estándar de las temperaturas fue de 4,28° C las máximas y de 5,08 las mínimas, la humedad relativa tuvo una desviación de 4,10 puntos. Estos valores dan como resultado unas gráficas más suaves, con menores oscilaciones y valores extremos más próximos a la media, tanto en las temperaturas como en el grado de humedad en el año 2000, después de la instalación del aire acondicionado (fig. 1).

Podemos concluir que la instalación de aire acondicionado en el almacén principal del Museu Arqueològic ha producido, en general, un aumento moderado en la oscilación diaria de las temperaturas, una disminución, también moderada, del grado de humedad relativa y a largo plazo una suavización estacional de los mismos valores.

## EL PROBLEMA DE ALMACENAR OBJETOS METÁLICOS

La influencia de las condiciones ambientales –como son la temperatura, la humedad, la luz, los contaminantes, etc.– es uno de los principales motivos del deterioro de las colecciones depositadas en los museos. No obstante, hay objetos –la mayoría de las cerámicas– que se conservan de forma correcta en lo que llamamos “clima de museo”, sin embargo hay otros materiales que necesitan condiciones de conservación especiales, como es el caso de los metales. En este caso, para evitar la degradación que las condiciones ambientales ejercen, es necesario controlar artificialmente ciertos factores, con el fin de mantenerlos en los valores adecuados. Estos valores, en el caso de las temperaturas estarían alrededor de los 20° C, y en el caso de la

Humedad Relativa entre el 15 y el 30%. (fuente: Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales).

## LAS COLECCIONES METÁLICAS DEL MUSEU D'ALCOI

El Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó, custodia una gran cantidad de piezas metálicas (bronce y hierro, principalmente) recuperadas en los yacimientos ibéricos de ámbito comarcal (El Cabeçó de Mariola, El Xarpolar, El Puig, La Serreta, etc.). Solo del yacimiento ibérico de La Serreta, esta colección incluye 709 piezas metálicas almacenadas procedentes del área del poblado (Grau y Reig, 2002-2003), o las 479 piezas entre armas y otros objetos recuperados de las excavaciones realizadas en los últimos años (1987 a 1997) en la necrópolis de este yacimiento de la antigua Contestania (Reig, 2000).

Otras piezas metálicas de interés son los materiales medievales de El Castellar de Alcoi. También se conserva una importante colección numismática, legado de Camil Visedo Moltó, colección ésta que se ha venido ampliando posteriormente con nuevas donaciones, hasta configurar un depósito de 470 piezas, la cual presenta un interés excepcional, con un número significativo de piezas ibero-romanas, romanas, medievales y modernas (Abascal y Ripollés, 1995; Garrigós y Mellado, 2004).

## INTERVENCIONES Y CONTROLES REALIZADOS

El Museu d'Alcoi tiene como una de sus prioridades la conservación de las colecciones de naturaleza metálica. De hecho, su laboratorio ha intervenido en la realización de los procesos de restauración-conservación de la práctica totalidad de materiales metálicos de sus colecciones (Segura y Miró, 1992), y de forma sistemática sobre las piezas metálicas recuperadas en las excavaciones de la necrópolis ibérica de La Serreta (Miró y Reig, 1997; Prats, 1993; Prats, Rovira y Miró, 1996).

Paralelamente a estas actuaciones, el Museu d'Alcoi ha establecido un control de las condiciones medioambientales que afectan tanto a las áreas de exposición como a los almacenes. En este sentido, desde 1991 se dispone de series anuales de datos climáticos obtenidos de las distintas dependencias, entre ellas el almacén. El estudio de estos registros y gráficos, nos informan del comportamiento de las condiciones medioambientales del almacén principal situado en la cuarta planta del edificio del Museu:

- Los valores de humedad relativa (pueden llegar al 72 % HR), están muy por encima de los valores óptimos recomendados anteriormente;
- las oscilaciones térmicas diarias no llegan generalmente a superar los 5° C, valor que cabría considerar tolerable.

Con estas premisas, el Museu d'Alcoi ha realizado diferentes intentos para mantener los objetos de naturaleza metálica almacenados en condiciones óptimas de conservación, especialmente en lo que se refiere a la reducción de los niveles de HR en niveles aceptables (una de las medidas correctoras empleadas fue el aislamiento en cajas de material plástico con reservas de productos desecantes como el gel de sílice). Estos intentos han resultado inoperantes a largo plazo ya que los desecantes han de ser renovados constantemente y el mantenimiento de las condiciones óptimas se alargaba únicamente durante unos pocos días. Cabe excluir las vitrinas de las exposiciones, con un volumen de aire reducido y fabricadas ex profeso y con características de estanqueidad severas, en las cuales se ha conseguido mantener los niveles de humedad relativa en niveles adecuados a medio-largo plazo (entre el 20% y el 30% HR durante un año aproximadamente).

## LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE BAJA HUMEDAD

La única solución viable para conservar a largo plazo grandes colecciones de piezas metálicas es la construcción de almacenes específicos con unas cualidades de aislamiento altas, que permitan el control de las variables susceptibles de desencadenar procesos de corrosión como la polución, la humedad, la luz, etc. (Mourey, 1987).

Entre los años 2001 y 2002, se cursaron a la Conselleria de Cultura i Educació, por parte del Ayuntamiento de Alcoi (Museu Arqueològic Municipal Camil Visedo Moltó), solicitudes de subvención para la dotación de infraestructuras destinadas a la mejora de las condiciones de conservación de las piezas de naturaleza metálica de los fondos del museo. Estas infraestructuras consistían en la construcción de una cámara de baja humedad. En las resoluciones de estas convocatorias de subvención, se estima el interés del proyecto y el mismo es cofinanciado por parte de la Conselleria de Cultura i Educació.

El proyecto de construcción consistía básicamente en el acondicionamiento de un habitáculo, de 110x195x200 cm de espacio útil y 4,30 m<sup>3</sup> de capacidad. (lám. I), situado en la última planta del edificio, destinado originariamente a laboratorio fotográfico, cercano a dependencias como el laboratorio de restauración y el almacén principal del museo. Se realizó un aislamiento del recinto –tanto de las paredes como del techo y el suelo– con paneles de poliéster con corazón de poliuretano y la instalación de una puerta de cierre hermético de 90x185 cm, del tipo cámara frigorífica. Instalándose un detector de incendios en el interior y un indicador-regulador del grado de humedad relativa en el exterior. (lám. II)

La instalación sobre el techo de la cámara de un aparato desecador marca FISSAIR, por rotor desecante de gel de sílice Mod. DFRB-015-E, con recirculación parcial de aire, completó la nueva infraestructura.



Lámina I.

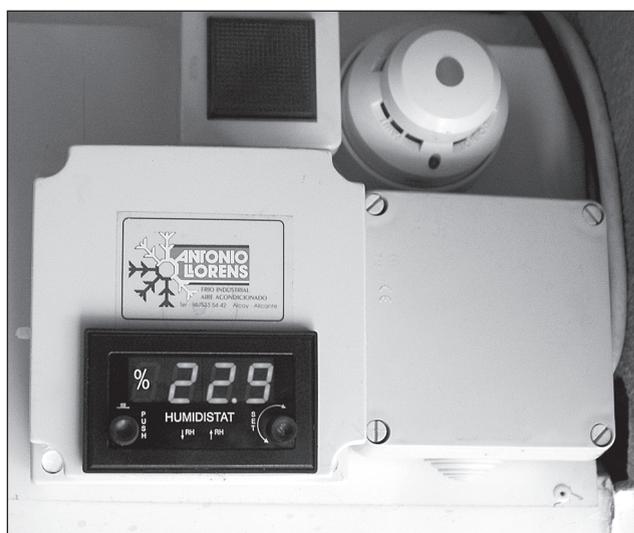


Lámina II.

Las primeras pruebas de funcionamiento de la instalación han dado resultados altamente satisfactorios, obteniéndose valores de humedad relativa alrededor del 20% HR, valores que se pueden considerar por debajo de los valores máximos recomendados para piezas arqueológicas metálicas, que recordamos estarían alrededor del 30-35%

HR. Estos valores, creemos que garantizan la conservación a largo plazo de los metales de la colección del Museu Arqueològic Municipal Camil Visiedo Moltó (herramientas, armas, monedas, etc.), almacenados en la cámara de baja humedad, al impedir cualquier reacción electroquímica por la ausencia de humedad en el interior de la cámara.

## VENTAJAS DEL SISTEMA

De forma esquemática podemos sintetizar las ventajas de este tipo de instalaciones en los siguientes puntos:

- Minimizar la presencia de polvo y agentes contaminantes.
- Minimizar las variaciones térmicas, evitándose los posibles efectos de contracción-dilatación de las piezas metálicas.
- Ajustar y estabilizar de forma permanente los valores de humedad relativa a niveles óptimos que garantizan la conservación de los objetos almacenados.
- Controlar de forma conjunta las condiciones climáticas de los fondos susceptibles de degradación por causa de la humedad.
- Evitar la dispersión de las colecciones de esta naturaleza, mejorando el control y la localización de piezas singulares (armas, orfebrería, monedas, etc.).

## BIBLIOGRAFÍA

- ABASCAL, J. M.; RIPOLLÉS, P. P. (1995). Composición metálica de algunas monedas ibéricas del Museu d'Alcoi. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 4: 185-190.
- HERRÁEZ, J. A.; RODRÍGUEZ LORITE, M. A. (1989). *Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales de los museos*, Ministerio de Cultura, Madrid.
- GARRIGÓS I ALBERT, I; MELLADO RIVERA, J.A. (2004). Les monedes de la Serreta: consideracions sobre la circulació monetària a les comarques meridionals del País Valencià. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 13: 201-226.
- GRAU MIRA, I.; REIG SEGUÍ, C. (2002-2003). Sobre el uso de metales en la Contestania Ibérica: las evidencias de La Serreta. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 11/12: 101-150.
- MOUREY, W. (1987). *La conservation des antiquités métalliques*, L.C.R.R.R.A., Draguignan (France).
- MIRÓ SEGURA, J. H.; REIG SEGUÍ, C. (1997). Los cubos de enmangue de lanzas y regatones ibéricos, análisis y diagnóstico. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 6: 161-164.
- PRATS DARDER, C. (1993). Procés de conservació-restauració d'un umbo ibèric de bronze del Museu d'Alcoi. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 2: 141-147.
- PRATS DARDER, C.; ROVIRA HORTALÀ, M.; MIRÓ SEGURA, J. H. (1996). La falcata i la beina damasquinades trobades a la tomba 53 de la necròpoli ibèrica de la Serreta d'Alcoi. Procés de conservació-restauració i estudi tecnològic. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 5: 137-154.
- REIG SEGUÍ, C. (2000). El armamento de la necrópolis ibérica de La Serreta de Alcoi (Alicante, España). *Gladius. Estudios sobre armas antiguas, armamento, arte militar y vida cultural en Oriente y Occidente*, XX, Instituto Hoffmeyer para el estudio de las armas antiguas – Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pp. 75-117.
- SEGURA MARTÍ, J. M.; MIRÓ SEGURA, J. H. (1992). Procés de conservació dels ploms amb inscripcions ibèriques del Museu d'Alcoi. *Recerques del Museu d'Alcoi*, 1: 95-98.