

Origen y trayectoria de una técnica esquiva: el dorado sobre metal

Rise and course of an elusive technology: metal gilding

Alicia Perea (*)

Ignacio Montero (*)

P. Carolina Gutiérrez (**)

Aurelio Climent-Font (**)

RESUMEN

La investigación sobre la técnica del dorado al fuego con amalgama de mercurio durante la Prehistoria y Antigüedad no ha hecho más que comenzar debido a que su identificación y caracterización es totalmente dependiente de las técnicas analíticas, fundamentalmente las no destructivas, puestas a punto desde la Arqueometría para facilitar el estudio del material arqueológico. Actualmente contamos con escasos datos analíticos, que se reducen drásticamente si nos situamos en la Península ibérica y concentramos nuestro interés en las primeras etapas de su utilización, porque... nadie encuentra lo que no se busca.

Presentamos una recopilación de este tipo de datos mediante las técnicas analíticas XRF y PIXE para caracterizar dos grupos de materiales peninsulares, por un lado las fibulas de pié vuelto con animales y escenas de caza, fabricadas en plata dorada; y por otro, el tesoro visigodo de Torredonjimeno, Jaén. De la discusión de estos resultados ha surgido la hipótesis de un origen local para el dorado al fuego en época ibérica hacia el siglo IV a.C., al margen de otros focos de invención posibles en el Mediterráneo o Europa. La etapa final estaría representada por la orfebrería visigoda, que cierra el ciclo del ámbito tecnológico de la antigüedad tardía.

SUMMARY

Research on mercury or fire gilding technology during Prehistory and Antiquity is at its beginnings due to

(*) Grupo Arqueometal. Centro de Ciencias Humanas y Sociales, CSIC. Albasanz 26-28, 28037 Madrid. E-mail: perea@ceh.csic.es; imontero@ih.csic.es

(**) Centro de Microanálisis de Materiales, Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco. Faraday 22, 28049 Madrid. E-mail: acf@uam.es; carolina.gutierrez@uam.es

Recibido: 02-VII-2008; aceptado 11-IX-2008.

the fact that its identification and characterization is completely dependent on analytical techniques, mainly non destructive Archaeometry techniques allowing an easy characterization of the archaeological objects. Actually we rely on a small number of analytical data, much more limited if we place ourselves within the Iberian peninsula or if we are concerned with the early stages of the use of this technology because... nobody finds what it is not looked for.

We submit a summary of data analysis by XRF and PIXE in order to characterize two groups of items: on the one hand a special type of iberian brooch with animals and hunting scenes, made up of gilded silver; and on the other the visigothic treasure of Torredonjimeno, Jaén. From the debate on these results the hypothesis of a local origin for fire gilding technology during the iberian period, about 4th century B.C., has come out regardless other centers of possible inception in Europe or the Mediterranean. A final stage would be represented by visigothic jewellery that closes the late Antiquity technological domain system up.

Palabras clave: Dorado; Mercurio; Orfebrería; Arqueometría; Arqueometalurgia; Análisis; XRF; PIXE; Península Ibérica; Segunda Edad del Hierro; Antigüedad tardía.

Key words: *Gilding; Mercury; Jewellery; Archaeometry; Archaeometallurgy; Analysis; XRF; PIXE; Iberian Peninsula; Late Iron Age; Late Antiquity.*

LOS INICIOS

Dentro del campo de la metalurgia el dorado es una más de las técnicas utilizadas a lo largo de la historia de la tecnología para alterar el color de un metal (La Niece y Craddock 1993) o para dar apariencia metálica a materiales que no lo eran,

como madera, yeso, piedra y cerámica. La fabricación de grandes objetos en metales nobles, no siempre fue factible desde el punto de vista técnico, de manera que los artesanos resolvieron el problema mediante el recubrimiento de un material de base adecuado con finas láminas de oro o plata; probablemente éste fue el inicio de lo que actualmente llamamos dorado. Las posibilidades que se abrieron con esta idea fueron enormes y se aprovecharon en beneficio del desarrollo tecnológico, social, económico y simbólico, pero también en favor del engaño y del fraude.

A mediados del III milenio a.C. las tumbas reales de Ur contenían un riquísimo ajuar que incluía lirras y arpas de considerable tamaño, adornadas con figuras de animales; las partes estructurales y las cajas de resonancia estaban fabricadas en madera, pero los prótomos zoomorfos se modelaron en betún, y todo se cubrió de láminas de oro o plata superpuestas mediante pequeñas tachuelas metálicas. La misma técnica se empleó en la fabricación de la famosa estatua del “carnero en el matorral” (Schauensee 2002).

Hacia la misma época, en la III dinastía del Egipto faraónico (2800 a.C.) los sarcófagos de madera se decoraban con lámina de oro remachada a la base. Más tarde, los orfebres egipcios fueron los primeros en producir pan de oro (1) de 0,001 mm de grosor, que aplicaban sobre la madera preparada con una imprimación o directamente mediante un adhesivo como clara de huevo (Lucas 1989: 231-232); su fabricación era una especialidad artesanal controlada desde el poder, como parece demostrar el hecho de que entre el ajuar funerario del faraón Tutankamon hubiera panes preparados para su utilización (Nicholson 1979: 162). El pan de oro se utilizó para decorar vasos de piedra, estatuas, así como en arquitectura interior y mobiliario, sobre todo en madera (Hatchfield y Newman 1991). La fabricación de estas láminas extremadamente finas, hasta el punto de que no se pueden manejar con los dedos, fue uno de los hitos fundamentales de la técnica, y no sólo por el ahorro de materia prima, sino porque la delgadez de la lámina permitía el cubrimiento eficaz y preciso de cualquier superficie de topo-

grafía compleja, sin tener que recurrir a métodos de sujeción mecánicos.

Europa tiene por el momento el privilegio de ser la zona donde se ideó la más antigua técnica de dorar la cerámica. En la necrópolis de Varna, Bulgaria, fechada en el V milenio a.C., se encontraron dos recipientes excepcionales que presentaban una decoración con pintura de oro sobre el fondo negro de la pasta (*Le Premier Or* 1989: n.º 219, 220). Esta pintura se había preparado con polvo de oro aluvial aglutinado con una sustancia gomosa (Eluère y Raub 1991; Raub 1993). Los ricos ajuares de la necrópolis han aportado el testimonio más antiguo de una metalurgia del oro relativamente desarrollada para la época en la zona balcánica.

Sin embargo, la variante que nos interesa investigar en este trabajo es el dorado estrictamente metalúrgico, es decir aquél cuyo objetivo es modificar la apariencia de otros metales menos nobles, cobre, bronce o plata. Desde el momento en que la metalurgia fue capaz de fabricar objetos de cierta envergadura, como armas, vajilla y pequeña estatuaria, se utilizó la técnica de recubrir parcial o totalmente con lámina de oro, más o menos fina. Dentro del ámbito mediterráneo, hacia finales del III milenio a.C. podemos señalar las estatuillas antropomorfas del depósito de ofrendas del templo de los obeliscos en Byblos; son de bronce y se cubrieron parcialmente con lámina fina de oro, simplemente bruñida sobre el metal (Dunand 1939, 1954; Parrot *et al.* 1982: fig. 42). Esta forma de ornamentar la figura humana es frecuente en la costa sirio palestina (*Phéniciens...* 1986: 145) y estaba reservada a la esfera de lo religioso, seguramente en relación con la divinidad, o con determinados aspectos del poder político y religioso.

Las piezas metálicas doradas no son frecuentes en el ámbito de la metalurgia griega por lo menos hasta el siglo V-IV a.C.; la mayoría de los ejemplos pertenece a la producción reflejada en los ajuares funerarios de Macedonia y el mundo circumpónico. La ausencia de estudios de carácter tecnológico y de análisis químicos nos impide trazar el panorama en esta zona con alguna precisión. Todos los datos apuntan a que se trata de dorados realizados con finas láminas bruñidas sobre el metal que posteriormente se someten a alta temperatura para que se produzca una difusión en la interfaz de los diferentes metales. Sin embargo, un anillo griego de cobre procedente de Naukra-

(1) Sobre la fabricación del pan de oro en la antigüedad se puede consultar el capítulo XXXIII de la Historia Natural de Plinio el viejo. Para época medieval el texto más explícito es el capítulo 23, Libro I, del tratado *De Diversis Artibus* del monje Teófilo. La descripción de la técnica en tiempos actuales puede consultarse en M.L. Quinto 1984 y en Untracht 1987.

tis, en el delta del Nilo, fechado en el 300 a.C., se ha reputado como la pieza más antigua dorada con amalgama de mercurio, que se haya analizado hasta la fecha (Williams y Ogden 1994: 29, n.º 194). Por su parte Craddock (1977: 109) analizó una serie de anillos griegos de cobre, dorados con amalgama de mercurio, que pueden fecharse desde el siglo IV al I a.C. Según este mismo autor, a favor de una temprana utilización de la técnica hablaría el dato de la considerable cantidad de mercurio líquido recuperado en niveles fechados en el siglo V a.C. dentro del asentamiento de Al Mina, cuyo excavador asegura pudo venir de las minas de Almadén para ser utilizado en la recuperación del oro en el próximo valle del Melas (Wooley 1938: 24).

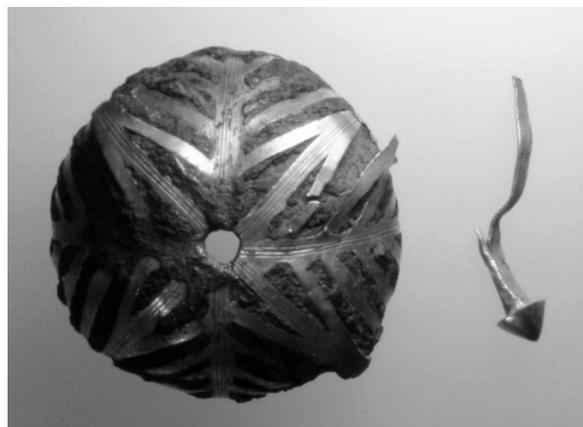
En Etruria el período orientalizante, a partir del siglo IX-VIII a.C., se caracterizó por una producción metalúrgica compleja y sofisticada, relacionada con la formación de instancias de poder que hacían de la posesión de bienes de lujo una forma de expresión política e ideológica. El desarrollo de la tecnología orfebre alcanzó cotas de excelencia difícilmente comparables. El dorado fue una de las técnicas que se aplicó de forma habitual a la modificación del aspecto de los objetos de plata y bronce, fundamentalmente adornos y vajilla. El objeto se cubría con una fina lámina, sin llegar a los delgados espesores del pan de oro, que se martillaba sobre la superficie del objeto; para conseguir una adherencia más duradera se alternaban los ciclos de martillado y bruñido con recocidos a elevada temperatura para favorecer la interdifusión (Formigli 1985: 324). No hay datos que avalen el conocimiento de las amalgamas para dorar, y desde luego el oro se aplicaba igualmente a otros materiales no metálicos, sobre todo figurillas votivas de cerámica y mobiliario. Algunas de las piezas más significativas son las patenas de plata dorada, decoradas con motivos egipcizantes, o los grandes calderos que se atribuyen al artesanado fenicio durante el siglo VII a.C. que tenía por costumbre dorar parcialmente las exquiritas talladas de marfil (Moscati 1988).

...EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

De otra naturaleza pero también dentro de la esfera del poder son los ejemplos de revestimientos en oro que podemos encontrar en la Península ibérica desde la Edad del Bronce. Aquí son las ar-

mas del guerrero, que controla el territorio, las que excepcionalmente reciben un tratamiento de dorado que, generalmente, se limita a cubrir con lámina relativamente gruesa la empuñadura no metálica de espadas o puñales; el método más habitual es la sujeción mediante remaches, o doblando y presionando el borde de la lámina de oro sobre el material de base. Los casos más conocidos son los de las espadas de Guadalajara (Brandherm 1998); las empuñaduras y los remaches procedentes del depósito de Abía de la Obispalía (Cuenca), hoy en el Museo Británico (*Ibid.*); las empuñaduras de Alange, Badajoz (Pavón 1998: fig. 40) y Herdade do Sardoninho, Beja (*Inventario* 1993: 44-45); y ya en la etapa final de la Edad del Bronce el conjunto de láminas trabajadas del depósito de Villena, Alicante (Armbruster y Perea 1994; Lucas Pellicer 1998) por poner sólo los ejemplos más conocidos.

Sorprendentemente el primer objeto dorado sobre base metálica procede del mismo depósito de Villena. Se trata de un casquete esférico de hierro que se ornamentó con lámina de oro (Lám. I) sujeta mecánicamente sobre el reborde interior rugoso del casquete (Perea 1991: 103). Aunque existe cierta discusión en torno al origen y cronología de este conjunto, no cabe duda de que la presencia de hierro en el mismo —además del casquete había un brazalete en este mismo metal— impide alejar mucho la datación del ocultamiento del momento de tránsito hacia la primera Edad del Hierro (Almagro-Gorbea 1993: 82),



Lám. I. Casquete esférico, de hierro con lámina de oro superpuesta, y remache de oro con doble punta para sujetar. Bronce final. Depósito de Villena, Alicante. Museo José María Soler, Villena (Foto: Archivo Au. A. Perea).

con independencia de la fecha absoluta en que lo situemos (dos opiniones encontradas, Mederos 1999; Domene 2004).

Dentro del ámbito colonial fenicio, la primera pieza dorada sobre una base metálica de bronce procede de Cádiz y se fecha hacia el siglo VIII a.C. Se trata de un pequeño exvoto de bronce que representa al dios Ptah cuyo rostro se cubrió con una lámina de oro (Lám. II); se encontró en 1928 (Perea 1991: 157, 164) y es conocido como “sacerdote de Cádiz”. La lámina, relativamente gruesa, se bruñó sobre el rostro y quedó fijada bajo la barbilla y por detrás de las orejas que aparecen notablemente sobresalientes.



Lám. II. Exvoto de bronce con máscara de oro representando al dios Ptah. Cádiz. Siglo VIII a.C. Museo arqueológico Nacional (Foto: Archivo Au. A. Perea).

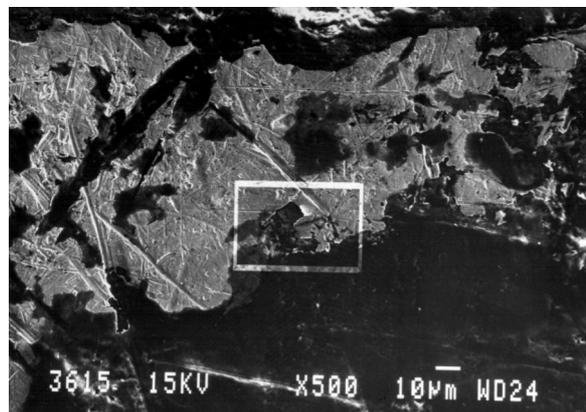
Sin embargo, la técnica no fue excesivamente popular y habrá que esperar a finales del siglo V o inicios del IV a.C. para asistir a su generalización en el sur de la Península, cuando se documenta un incremento de la producción orfebre. Algunos de los anillos giratorios que se depositaban en los ajuares funerarios gaditanos se fabricaron en plata o bronce chapado en oro con láminas, otros se doraron con panes, probablemente bruñidos directamente sobre el metal (*Ibid.*: 240), pues no eran objetos de uso cotidiano sino estrictamente funerario.

Dentro del ámbito tecnológico ibérico conocemos un ejemplo de dorado con pan de oro en un pendiente anular cerrado (Lám. III), procedente de Galera, Granada, fabricado en cobre y dorado con



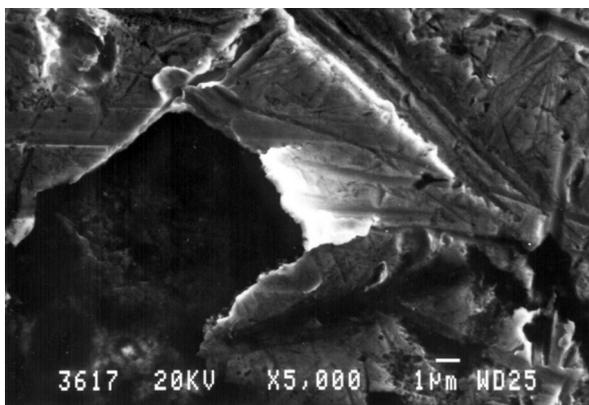
Lám. III. Pendiente anular abierto en cobre dorado. Galera, Granada. Hacia el siglo IV a.C. Museo Arqueológico Nacional (Foto: Archivo Au. A. Perea).

un pan cuyo grosor aproximado es de 0,4 micras (Láms. IV y V) (Perea 1990: 140), siendo la media de los panes egipcios de la XVIII dinastía (1570-1345 a.C.) de 0,3 micras (Nichols 1979: 162). Los análisis realizados sobre esta pieza ibérica no detectaron trazas de mercurio por lo que hay que suponer que la técnica empleada fue la de bruñir el oro sobre la superficie, en frío o en caliente. Esto es coherente con los datos de una serie de apliques en bronce, procedentes de la necrópolis ibérica de Castellones de Céal (Jaén), plateados y/o dorados en los que los análisis realizados no han detectado restos de mercurio; según se ha podido observar en las metalografías, la técnica utilizada debió ser la del bruñido del pan de oro y posterior calentamiento para inducir la difusión entre



Lám. IV. Imagen MEB X 500 de la superficie de cobre recubierta con pan de oro en el pendiente de Galera (Foto: Archivo Au. CENIM).

el oro y el metal de base (Chapa *et al.* 1995: lám. 4). Sin embargo, hay un grupo de pendientes anulares abiertos, fabricados en cobre/bronce, denominados tradicionalmente “amorcillados” o del tipo *inaures*, distribuidos por el Nordeste peninsular (Genera y Perea 2008), que presentan un dorado muy sutil hasta el punto que en muchos casos se ha perdido. Uno de estos pendientes procedente del poblado de l’Illa d’en Reixac (Ullastret, Girona), fase IV entre 325 y 220-210 a.C., fue analizado y se detectó presencia de mercurio, por lo que suponemos está dorado al fuego (Rovira Hortalá 1999: 242, fig. 16.16).



Lám. V. Detalle de la micrografía anterior X 5.000 donde se observa la sección del pan de oro (Foto: Archivo Au. CENIM).

...Y BREVE ACLARACIÓN CONCEPTUAL

Hasta aquí hemos empleado el término “dorar” para referirnos a la acción de recubrir un objeto con oro mediante cualquier técnica, lo que a algún lector puntilloso pudiera parecer excesivamente amplio, desde una perspectiva actualista. En efecto, hoy se utilizan términos sinónimos como “sobredorar”, y otros añaden matices significativos de índole tecnológica como “chapar”. Con respecto al sobredorado, palabra muy usual en el ámbito de la Historia del arte, nos parece redundante y no aporta ventaja o mejora en la comunicación a través del lenguaje, por lo que hemos prescindido de ella. En cuanto al chapado, que en algún momento sí hemos utilizado aquí, alude al recubrimiento de un material con una

gruesa lámina o chapa de oro, por comparación con la más delgada lámina, o con el pan de oro cuyo sentido se aproxima al de película, por su extremada delgadez (Wolters 2006: 179).

Desde el punto de vista artesanal existe una gran diferencia entre fabricar una chapa y un pan de oro, por lo mismo que difiere el proceso de chapado y el de dorado, sea cual sea el material de base. Sin embargo, es muy difícil establecer un límite cuantificable entre dorar con lámina o con pan, porque no existe solución de continuidad entre los grosores que distinguirían entre una y otro. Parece, pues, una cuestión convencional en la que no pretendemos entrar por inútil. Generalmente se acepta que el pan de oro es el que no se puede manejar con las manos porque queda adherido a la piel; en el otro extremo tendríamos la chapa que sería aquel recubrimiento que se sustenta a sí mismo si careciera del alma o núcleo que reviste; entre ambos, toda una gradación de infinitas posibilidades.

Consideramos que son las motivaciones de hacer parecer como oro lo que no es, las limitaciones técnicas o económicas del momento, la función del objeto, y los condicionantes del material utilizado, las razones que están detrás del concepto de “dorado” aquí utilizado. Una breve y simple descripción puede resultar semánticamente más útil que una larga discusión conceptual y lingüística para acordar términos.

EL PROBLEMA DEL DORADO CON AMALGAMA DE MERCURIO

Si el primer hito en el desarrollo de la técnica del dorado había sido la fabricación de finísimas láminas de oro, que llamamos panes, el segundo hito se produce con el descubrimiento de las propiedades del mercurio para mezclarse con el oro. El problema que plantea la identificación de esta técnica, para la época que tratamos, está en la escasez de observaciones y mediciones, en la ausencia casi total de análisis –sobre todo para aquellos momentos iniciales en los que ni siquiera se contempla la posibilidad de que la técnica se practicara–, y en la dificultad añadida para la detección del mercurio, metal muy volátil y tóxico pero necesario para obtener la amalgama de oro (2).

(2) Sobre la tecnología del dorado, en general, y del dorado al fuego, en particular, se puede consultar Wolters 2006, que incluye una completísima bibliografía, también Oddy 2000. Las amalgamas también pueden ser de plata, pero parece que esta

Parece que uno de los focos de invención tanto del dorado como del plateado con amalgama de mercurio, fue la metalurgia China hacia el siglo V a.C., durante el período Chan Kuo o de los “Estados guerreros” en 475-221 a.C. (Lins y Oddy 1975; Jett y Chase 2000). También existe documentación analítica sobre otra producción relativamente temprana, la de los bronceos Ordos, pueblo nómada del Noroeste de China que presenta un estilo animalístico hacia el siglo III a.C. muy relacionado con la iconografía escita (Wolters 2006: 187; Bunker *et al.* 1993).

En Europa el objeto más antiguo dorado supuestamente con mercurio procede de Rathgall, Co. Wicklow, Irlanda, un *hillfort* del Bronce final cuya ocupación se prolonga hasta época medieval, y en el que se documentó una zona de taller metalúrgico con restos de vaciados en bronce y objetos de oro, ámbar y vidrio; el objeto al que nos referimos es un aro de los llamados *hair rings* o también *money rings*, fechado hacia el siglo VIII a.C. (Tylecote 1987: 43, 240; Craddock y Tite 1981; Waddell 2000: 273). Igualmente se reputa como muy antigua la empuñadura de una espada de bronce dorado del bajo Rin cuyos análisis presentaban hasta un 7 % de mercurio (Wolters 2006: 187, lám. 12b).

Más segura sería una fecha en torno al siglo IV a.C. si atendemos a los datos de Craddock apuntados más arriba, y teniendo en cuenta el anillo de Naukratis ya mencionado, fechado hacia el 300 a.C. El dorado con amalgama se documenta esporádicamente por todo el Mediterráneo durante el período helenístico, aunque no se populariza hasta época romana, lo que se ha puesto en relación con el surgimiento de un método eficaz para obtener mercurio por condensación a partir del cinabrio (Oddy 2000: 5-6). Que la amalgama de mercurio nunca se empleó antes de esa época parece demostrarlo el hecho de que la gran estatuaría griega en bronce de finales del siglo V y del IV a.C. se doraba sólo excepcionalmente, y la técnica utilizada era la de bruñir panes de oro o láminas de plata sobre la superficie metálica previamente arañada para producir una rugosidad sobre la que el metal más noble pudiera permanecer, o se sujetaba en incisiones situadas en zonas poco visibles de la pieza. Otra técnica posible-

variante se empezó a utilizar más tardíamente, aplicada por ejemplo a la falsificación de monedas.

mente utilizada fue la difusión del dorado sobre la base bruñendo en caliente (Oddy, Borrelli Vlad, y Meeks 1979: 182; Oddy 1991: fig. 3; Boccia Paterakis 2000).

...Y LAS MEDIDAS TOMADAS PARA RESOLVERLO

El Grupo de Investigación *Arqueometal* del Centro de Ciencias Humanas y Sociales del CSIC, ha iniciado una investigación interdisciplinar sobre esta cuestión (3), dentro del amplio *Proyecto Au* dirigido por uno de nosotros (A. Perea), con la colaboración del Centro de Microanálisis de Materiales de la UAM y el Museo Arqueológico Nacional (MAN). Hemos realizado una serie de medidas mediante técnicas PIXE y XRF (4). El programa de análisis tiene como objetivo, en primer lugar, conocer si el inicio de la técnica del dorado con mercurio en la Península Ibérica tiene un origen local e independiente, o bien se trata de una transmisión, resultado de los intercambios con el ámbito tecnológico mediterráneo o europeo. En segundo lugar, determinar las líneas generales de su implantación y desarrollo hasta el final de la antigüedad. Tenemos que tener en cuenta que es Almadén, Ciudad Real, donde se encuentra el mayor yacimiento de cinabrio en el mundo conocido hasta la fecha, y que además existen otros recursos minerales en la Península ibérica que fueron utilizados como pigmentos desde el Neolítico, especialmente en enterramientos (Delibes 2000; Bueno *et al.* 2005).

Los datos con que contamos actualmente sobre el área de La Bienvenida-*Sisapo* son todavía escasos en lo relativo a los inicios del beneficio del cinabrio como mineral a partir del que se obtiene el mercurio. Sabemos que las minas de cobre de esta zona del área central de Sierra Morena se explotaron desde el período orientalizante. Durante el ibérico antiguo *Sisapo* es el lugar central

(3) Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación “Bases para una investigación arqueométrica y tecnológica sobre metalurgia en la Península ibérica”, financiado por el MEC dentro del Plan Nacional de I+D+i (Ref. HUM2006-06250), cuya investigadora responsable es A. Perea y del subproyecto (HUM2007-65725-C03-02) “Tecnología y procedencia: plomo y plata en el I milenio AC” cuyo investigador responsable es Ignacio Montero.

(4) PIXE: Particle induced X-ray emission (Emisión de rayos X inducida por haces de partículas). XRF: X-ray fluorescence (Fluorescencia de rayos X).

en relación a la distribución del metal, cobre y galenas argentíferas (Fernández Ochoa *et al.* 2002), pero no existe documentación arqueológica de la explotación del cinabrio, aunque parece lo más probable al menos desde el siglo IV a.C. (*Ibid.*: 44).

Dos de los grupos de hallazgos que presentamos nos han servido de base para formular la hipótesis más arriba apuntada, por las siguientes razones. En primer lugar, porque plantean el problema del inicio de la técnica en la Península Ibérica; y en segundo, porque plantean problemas de índole arqueométrica, es decir, de interpretación de datos analíticos. El primer caso tiene como protagonista un grupo de fibulas de las llamadas de pie vuelto, fabricadas en plata dorada, que presentan una compleja iconografía con animales y escenas de caza (Láms. VI, VII, VIII y IX). Se trata de un material arqueológico raro, aunque no excepcional pues contamos con una veintena de ejemplares conocidos que presentan una amplia dispersión geográfica, desde la Meseta oriental a Andalucía y Portugal (Raddatz 1969; Almagro-Gorbea y Torres 1999: 149-152). Su encuadre cronológico es impreciso, dentro del marco que aportan las fechas del ocultamiento cuando aparecen monedas asociadas entre finales del III y primera mitad del I a.C.; sin embargo, la fecha de fabricación podría elevarse sin grandes riesgos, incluso hasta el siglo IV a.C., debido a las fuertes huellas de uso que presentan la mayoría de los ejemplares.



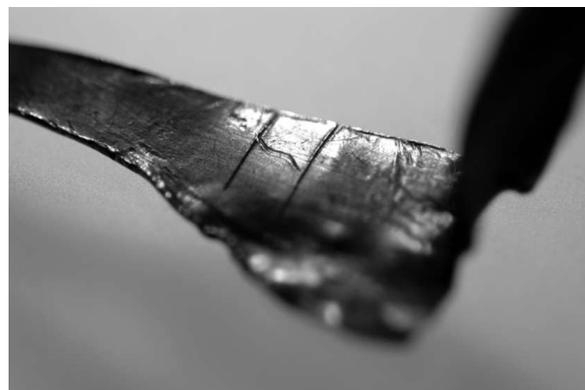
Lám. VI. Fíbula procedente de Torre de Juan Abad, Ciudad Real. Siglo IV-III a.C. Museo Arqueológico Nacional (Foto: Archivo Au. A. Perea).



Lám. VII. Fíbula procedente de Cañete de las Torres, Bujalance, Córdoba. Siglo IV-III a.C. Museo Arqueológico Nacional (Foto: Archivo Au. A. Perea).



Lám. VIII. Fíbula procedente de Santisteban del Puerto, Jaén. Siglo IV-III a.C. Museo Arqueológico Nacional (Foto: Archivo Au. A. Perea).



Lám. IX. Marca realizada por incisión en la zona interior del pie de la fíbula anterior (Foto: Archivo Au. A. Perea).

El segundo caso en estudio es el tesoro visigodo de Torredonjimeno, Jaén, un conjunto de numerosas cruces votivas (Láms. X y XI) que tiene su paralelo más estrecho en el conocido tesoro de Guarrazar, Toledo, ya estudiado por nosotros hace unos años (Perea 2001). Torredonjimeno es un hallazgo casual realizado en 1926 que se conserva de forma muy fragmentada. Actualmente se encuentra disperso en tres museos españoles, Museo de Arqueología de Cataluña, Museo Arqueológico de Córdoba y Museo Arqueológico Nacional. El ocultamiento debió responder a las mismas circunstancias que concurrieron en el caso del tesoro toledano, es decir, la llegada de las tropas bereberes a la Península en el 711. El estudio tecnológico y los análisis realizados han puesto de manifiesto un dato desconocido hasta la fecha, como es la existencia de un elevado porcentaje de piezas fabricadas en plata dorada (Perea *et al.* 2006) y no en una aleación de oro bajo, como se creía. Para la época visigoda se conoce el empleo del dorado con mercurio aplicado a metales de base cobre, como las fibulas y hebillas de la necrópolis de Carpio de Tajo (Rovira y Sanz 1985), pero hasta la fecha no teníamos constancia de la utilización de plata dorada a tan amplia escala.

La hipótesis de partida es que en el caso de las fibulas estaríamos ante los inicios del arte, mientras que el tesoro visigodo marcaría su fin, dentro del ámbito tecnológico de la antigüedad tardía, ya que consideramos que la metalurgia visigoda no pertenece al ámbito tecnológico medieval.



Lám. X. Cruz con cabujones del tesoro visigodo de Torredonjimeno, Jaén. Siglo VII-VIII. Museo Arqueológico de Cataluña (Foto: Archivo Au. O. García-Vuelta).



Lám. XI. Cruz tabicada con colgante cónico del tesoro visigodo de Torredonjimeno, Jaén. Siglo VII-VIII. Museo Arqueológico de Cataluña (Foto: Archivo Au. O. García-Vuelta).

LAS FÍBULAS DE PIÉ VUELTO CON ANIMALES Y ESCENAS DE CAZA

Este tipo de fibulas presenta una gran variedad formal e iconográfica que no sabemos si responde a diferencias cronológicas, de uso o de taller. El problema es la ausencia de contextos arqueológicos pues se trata en todos los casos de hallazgos casuales procedentes de depósitos (5). Por sus asociaciones a otros materiales, cuando las hay (Raddatz 1969: 141-149), podrían interpretarse como ofrendas de santuarios; por ejemplo, aparecen junto a vasos carenados de boca abocinada en plata y monedas perforadas. Sin embargo, por las fechas que se barajan para el momento de ocultamiento, podrían ser atesoramientos coincidentes con la situación de inestabilidad de las llamadas guerras sertorianas y el aumento de la presión fiscal. A pesar de las incertidumbres, todos los indicios apuntan a su sincronía, dentro de un marco iconográfico e ideológico relacionado con la aristocracia. Distinguimos tres variantes que hemos establecido atendiendo exclusivamente a los motivos iconográficos. El inventario de los ejemplares conservados en la actualidad es el siguiente (6):

(5) La mayoría de los ejemplares conocidos quedan recogidos en Raddatz 1969 y en un apéndice de la monografía de Almagro-Gorbea y Torres 1999.

(6) Existen noticias de varios ejemplares desaparecidos que no hemos recogido: Caudete de las Fuentes 1, Valencia, y Muela de Taracena, Guadalajara, ambas con escena de caza (Angoso y Cuadrado 1981). Tampoco hemos recogido los fragmentos de

– *Fíbulas con escenas de caza*: Cañete de las Torres, Bujalance, Córdoba (MAN); Chiclana de Segura, Jaén (Museo de Jaén); procedencia desconocida (Colección Shelby White, Nueva York); Monsanto da Beira, Castelo Branco (Museo de Castelo Branco).

– *Fíbulas con varios animales en el puente*: Los Almadenes 1, Pozoblanco, Córdoba (Museo de Córdoba); Los Almadenes 2, Pozoblanco, Córdoba (Museo de Córdoba); procedencia desconocida (Museo Británico).

– *Fíbulas con prótomos de caballo y otros animales*: Los Almadenes 3, Pozoblanco, Córdoba (Museo de Córdoba); Pozaleón, Jaén (Instituto Valencia de Don Juan); Santisteban del Puerto (Perotito) 1, Jaén (MAN); Santisteban del Puerto (Perotito) 2, Jaén (MAN); Torre de Juan Abad, Ciudad Real (MAN).

Algunas de estas piezas ya habían sido analizadas por XRF hace años, pero se publicaron sin una valoración detallada del problema del dorado (Rovira 2000: 219; Bandera 2001). Recientemente, tuvimos la oportunidad de reanalizar los cuatro ejemplares pertenecientes al Museo Arqueológico Nacional, en las propias instalaciones del

museo (7), cuyos resultados presentamos en la Tabla 1.

En las medidas de las zonas doradas no se ha cuantificado la presencia del oro, simplemente señalamos la composición aproximada del metal de base. En todos los casos se trata de plata con algo de cobre aleado (4-7 % Cu) y pocas impurezas de plomo, salvo en las piezas de Santisteban del Puerto que puede llegar al 1,4 %. En las zonas sin dorar se observa que la propia plata puede llevar impurezas de oro, como es habitual en otras producciones de la época.

De estos resultados destaca la presencia clara de mercurio en los ejemplares de Almadenes, Cañete de las Torres y Torre de Juan Abad, mientras que en las dos piezas de Santisteban del Puerto, a pesar de ser visibles los restos de dorado, no hay señal de mercurio. Esta situación plantea algunos interrogantes; en primer lugar existe un problema analítico, dada la proximidad de los picos espectrales del mercurio y el oro; y en segundo, un problema tecnológico. La pregunta que nos hacemos es la siguiente: durante el proceso de dorado al fuego, o posteriormente a lo largo del tiempo de enterramiento ¿sería posible que el mercurio de-

ANÁLISIS	LOCALIDAD	N.º INV.	NOTAS	Cu	Ag	Au	Pb	OTROS
PA12629A	Torre Juan Abad	38650	Puente	5,4	94,6	det.	tr	Hg?
PA12629B	Torre Juan Abad	38650	Zona inferior mortaja sin dorar	4,4	94,0	1,5	tr	
PA12629C	Torre Juan Abad	38650	Travesaño dorado	4,3	95,7	det.	nd	Hg
PA12628A	Cañete de las Torres	23170	Puente dorado	5,7	94,3	det.	nd	Hg
PA12628B	Cañete de las Torres	23170	Zona inferior mortaja	5,7	94,3	det.	nd	Hg
PA6200A	Almadenes-Pozoblanco	5.225	Dorado con Hg	4.47	95.5	det.	nd	Hg
PA6201	Almadenes-Pozoblanco	5.227	Dorado con Hg	4.54	95.5	det.	nd	Hg
PA6199	Almadenes-Pozoblanco	5.223	Dorado con Hg	4.78	94.1	det.	1.08	Hg
PA12631B	Santisteban del Puerto	28461	Zona inferior mortaja sin dorar	4,7	94,9	0,4	tr	
PA12631A	Santisteban del Puerto	28461	Puente dorado	6,9	93,0	det.	nd	
PA12630A	Santisteban del Puerto	28462	Puente dorado	6,4	92,1	det.	1,4	
PA12630B	Santisteban del Puerto	28462	Zona inferior mortaja sin dorar	3,8	93,9	1,03	1,2	

Tabla 1. Análisis por ED-XRF. Valores expresados en % en peso (tr= trazas; nd= no detectado; det.= detectado pero no cuantificado).

otras: Caudete de las Fuentes 2 y 3, Valencia, y Molino de Marribal, Córdoba (*Ibid.*; Raddatz 1969). Existen otras fíbulas del conjunto de Los Almadenes de Pozoblanco que no incluimos por no ajustarse a la tipología que estamos considerando.

(7) Agradecemos muy sinceramente a las conservadoras del Dpto. de Protohistoria y colonizaciones, Dña. Alicia Rodero y Dña. Magdalena Barril, las facilidades para la realización de este trabajo.

sapareciera por evaporación hasta el punto de no dejar rastro de su presencia? Para responder deberemos determinar si una cantidad muy baja de mercurio sería detectable, al quedar enmascarada en el espectro por el propio oro; o bien, por el contrario, si la acción del fuego en el proceso de dorado es capaz de difundir el mercurio en el metal de base, quedando restos suficientemente claros de su presencia. Estas cuestiones las debatiremos al final tras presentar los resultados de Torredonjimeno.

...Y EL TESORO VISIGODO DE TORREDONJIMENO (JAÉN)

Este conjunto de orfebrería visigoda sólo puede compararse con el de Guarrazar (Perea 2001) aunque se conserva en mucho peor estado puesto que sólo quedan cruces votivas, la mayoría troceadas; por el contrario, las coronas, que sabemos formaban parte del mismo, han desaparecido. No obstante es un documento fundamental para conocer la tecnología visigoda del siglo VII-VIII, y su comparación con Guarrazar no sólo es inevitable sino necesaria para su interpretación (Perea 2006a; Perea *et al.* 2006; Perea e.p.).

El estudio analítico se realizó en el Centro de Microanálisis de Materiales de la UAM, utilizando técnicas PIXE y PIGE (8), sobre una muestra de 29 piezas procedentes de los tres museos en los que se conserva el conjunto y en la que todos los tipos estaban representados. Se tomaron medidas tanto del metal como de las gemas (Gutiérrez *et al.*, e.p.) y vidrios artificiales (Perea *et al.*, e.p.) que acompañan a estos objetos.

El interés de los resultados sobre metal se centra en el elevado número de objetos fabricados en una aleación de plata que después se doró con amalgama de mercurio. Desde el punto de vista morfológico tenemos cruces lisas, cruces con cabujones, eslabones de cadenas y colgantes, algunos de ellos en forma de letra tabicada como las que penden de la corona de Recesvinto en el conjunto de Guarrazar. Del total de análisis nos interesa destacar en este momento los resultados de dos fragmentos de lámina repujada de un posible recipiente (Lám. XII) (Tabla 2).

(8) PIGE: Particle induced γ -ray emission (Emisión de rayos γ inducida por haces de partículas).



Lám. XII. Fragmento de lámina de plata repujada con roseta dorada del tesoro visigodo de Torredonjimeno, Jaén. Siglo VII-VIII. Museo Arqueológico de Cataluña (Foto: Archivo Au. O. García-Vuelta).

En determinadas zonas de la muestra se observa que el dorado de la plata de base se realizó con amalgama por la presencia de mercurio. Sin embargo en otras zonas aparentemente no doradas, así como en el reverso, se detectan cantidades muy elevadas de mercurio, sin presencia significativa de oro. La presencia de mercurio debe atribuirse, por tanto, a la existencia de un dorado actualmente desaparecido.

Este dato, sin embargo, resulta de gran interés ya que nos señala que parte del mercurio se difundió en la plata de base, y argumenta a favor de la presencia de restos de mercurio detectables en todos aquellos casos en que se utilizó una amalgama. Evidentemente los factores de tiempo y temperatura en el proceso técnico del dorado al fuego, además de la proporción de la propia amalgama, condicionan la mayor o menor evaporación del mercurio y las posibilidades de su difusión al sustrato metálico (9).

(9) La presencia de mercurio en la plata puede, no obstante, obedecer a otros factores, principalmente al uso de una amalgama de plata empleada para cubrir otro elemento metálico (de base cobre), es decir un plateado. Por tanto, es importante identificar correctamente cuál es el metal de base y la técnica empleada. En el caso de las piezas de Torredonjimeno es evidente, por los resultados del análisis elemental, la intencionalidad de dorar la plata. Un factor escasamente conocido es la posibilidad de que el mercurio se encuentre presente por su vinculación con la plata en el mineral de origen, como se documenta en las minas de plata del Atlas en Marruecos (Marcoux y Wadjinny 2005). Desconocemos, sin embargo, cómo afectan los propios procesos de obtención de la plata a partir del mineral en la presencia final del mercurio (volatilización).

N.º INV.	ZONA	ANÁLISIS	Ag	Au	Hg	Cu
25101	Zona lisa, lámina lisa	04a1903c	21.2	57.3	21.1	0.3
	Lámina lisa	04a1904c	36.7	40.2	22.7	0.3
	Zona alta, Roseta	04a1905c	12.4	67.3	20.0	0.3
	Zona baja, Roseta	04a1906c	11.0	69.0	19.6	0.3
	Reverso I, Roseta	04a1907c	80.7	–	18.7	0.6
	Reverso II, Roseta	04a1908c	71.5	–	28.2	0.3
29996	Zona lisa	04a1909c	60.0	–	39.0	0.8
	Zona lisa	04a1910c	56.0	–	43.4	0.2
	Reverso liso	04a1911c	54.2	–	44.2	1.1

Tabla 2. Composición elemental por la técnica PIXE de láminas repujadas de Torredonjimeno. Valores expresados en % en peso.

PARA CONCLUIR

A pesar de que nuestro conocimiento sobre los inicios de la técnica del dorado al fuego es fragmentario, se hace patente que las fechas surgidas gracias al avance de la investigación son cada vez más antiguas, y que el panorama aunque cambiante, tiene un vector claro. Por ello sorprende ver, en determinados ámbitos de la investigación arqueométrica, la omisión no sólo de los datos más recientes, sino de aquellos que con el paso del tiempo han sido ya refrendados por la investigación posterior; es incluso posible leer que el objeto de Europa más antiguo dorado con amalgama de mercurio es una moneda romana del año 62 a.C. (Ingo *et al.* 2004). Debería hacernos reflexionar en torno a los peligros del autismo científico y de la investigación monodisciplinar.

Los resultados del estudio analítico de una serie de materiales arqueológicos procedentes de la Península ibérica, de muy diferentes épocas, han sido la base documental sobre la que hemos establecido la hipótesis de un posible origen local de la técnica del dorado con amalgama de mercurio en época ibérica, al margen de otros posibles focos de invención independientes en el Mediterráneo y en Europa. Desde otras aproximaciones científicas relacionadas con el medio ambiente se han detectado cinco episodios de altos niveles de contaminación con mercurio vinculados a la actividad minera del oro y de la plata; el primero de estos episodios se asocia al Imperio romano y, en China, a la dinastía Han, desde el cambio de era al 300 d.C.; el segundo sólo se detecta en el ámbito de la dinastía Tang entre 750-900 d.C. (Sun *et al.* 2006). Nuestro modelo se ha basado en datos que cubren un amplio período de tiempo para po-

der determinar si efectivamente la disponibilidad de recursos necesarios para la práctica de un proceso tecnológico complejo puede determinar su continuidad en un medio en el que parece sufrir un estancamiento, o al menos una ausencia de visibilidad, como la que se ha constatado entre el 300 y el 750 d.C.

Las condiciones económicas, sociales y tecnológicas en las que situamos el surgimiento del nuevo proceso técnico, hacia el siglo IV a.C., eran las adecuadas. En primer lugar, por la existencia de una materia prima tan específica como el cinabrio, abundante en las minas de la zona de Almadén que sabemos se venían explotando, para la obtención del mercurio, probablemente desde la I Edad del Hierro. En segundo lugar, por la necesidad social, capaz de generar una demanda de objetos de prestigio, de uso ritual o de ostentación, que conocemos gracias a los depósitos ibéricos de plata (Raddatz 1969); en este sentido hay que tener en cuenta que, aún siendo la plata el metal sobre el que se fundamentó esta peculiar artesanía ibérica (Olmos y Rouillard 2004), el oro mantuvo su valor y su significado simbólico en relación no sólo con la jerarquía social y económica, sino también con la identidad o el género (Perea 2006b). Finalmente, la idea de enriquecer un objeto mediante la aplicación de otro metal, o la modificación del material original de fabricación, en un juego que es mucho más simbólico que estético, estaba ya muy arraigado en la sociedad ibérica.

En cuanto al período visigodo, en torno a finales del siglo VII y comienzos del VIII de la era, conviene recordar que si en el tesoro de Guarrazar, Toledo, que se oculta en el 711 (Perea 2001), todas sus coronas y cruces votivas estaban fabri-

cadadas en diversas aleaciones de oro, el panorama que refleja el tesoro gemelo de Torredonjimeno es muy diferente puesto que calculamos que dos tercios de los objetos votivos estaban fabricados en plata posteriormente dorada con amalgama de mercurio. Es evidente que la explotación minero metalúrgica del reino visigodo tuvo una escala modesta que no tiene reflejo en los niveles de contaminación ambiental, pero los recursos de cinabrio estaban ahí y se siguieron explotando hasta la llegada de los árabes que tomaron el relevo.

BIBLIOGRAFÍA

- Almagro-Gorbea, M. 1993: "La introducción del hierro en la Península ibérica. Contactos precoloniales en el período protoorientalizante". *Complutum*, 4: 81-94.
- Almagro-Gorbea, M. y Torres Ortiz, M. 1999: *Las Fíbulas de Jinete y de Caballito*. Zaragoza.
- Angoso, C. y Cuadrado, E. 1981: "Fíbula ibéricas con escenas venatorias". *Boletín de la Asociación de Amigos de la Arqueología* 13: 18-31.
- Armbruster, B. y Perea, A. 1994: "Tecnología de herramientas rotativas durante el Bronce Final atlántico. El depósito de Villena". *Trabajos de Prehistoria*, 51 (2): 69-87.
- Bandera, M.L. de la 1996: "Objetos de plata que acompañan a las tesaurizaciones". En: F. Chaves Tristán, *Los Tesoros en el Sur de Hispania. Conjuntos de denarios y objetos de plata durante los siglos II y I a.C.* Fundación El Monte. Sevilla: 645-688.
- Boccia Paterakis, A. 2000: "Two gilded bronze sculptures from the Athenian Agora". En: T. Drayman-Weisser (ed.) *Gilded Metals. History, technology and conservation*. Londres: 97-107.
- Brandherm, D. 1998: "Algunas consideraciones acerca de la espada de Guadalajara: ¿un excepcional depósito desarticulado del Bronce Medio de la meseta?". *Trabajos de Prehistoria* 55(2): 177-184.
- Bueno Ramírez, P.; Barroso Bermejo, R. y Balbín Behrmann, R. de 2005: "Ritual campaniforme, ritual colectivo: la necrópolis de cuevas artificiales del valle de las Higueras, Huecas, Toledo". *Trabajos de Prehistoria*, 62(2): 67-90.
- Bunker, E.C.; Chase, T.; Northover, P. y Salter, C. 1993: "Some early Chinese examples of mercury gilding and silvering". En: C. Eluère (ed.) *Outils et Ateliers d'Orfèvres des Temps Anciens*. Antiquités Nationales, mémoire 2. Musée des Antiquités Nationales. Saint Germain-en-Laye: 55-66.
- Craddock, P.T. 1977: "The composition of copper alloys used by Greek, Etruscan and Roman Civilisations 2. The Archaic, Classical and Hellenistic Greeks". *Journal of Archaeological Science*, 4: 103-123.
- Craddock, P.T. y Tite, M.S. 1981: "Report on the scientific examination of metallurgical samples from Rathgall, Ireland". *British Museum Research Laboratory*, n.º 4542 (6 Oct.).
- Chapa, T.; Gómez Bellard, F.; Gómez, P.; La Niece, S.; Madrigal, A.; Montero, I.; Pereira, J. y Rovira, S. 1995: "El ustrinum 11/126 de la necrópolis ibérica de Castellones de Céal (Hinojares, Jaén). Estudio de sus materiales metálicos". *Verdolay*, 7: 209-215.
- Delibes, G. 2000: "Cinabrio, huesos pintados en rojo tumbas de ocre: ¿prácticas de embalsamamiento en la Prehistoria?". En: M.H. Olcina Doménech y J.A. Soler Díaz (coords.) *Scripta in Honorem Enrique A. Llobregat Conesa*, vol. 1: 223-236.
- Domene Verdú, J.F. 2004: "Sobre la cronología del tesoro de Villena". En: L. Hernández Alcaraz, M.S. Hernández Pérez (eds.) *La Edad del Bronce en Tierras Valencianas y Zonas Limitrofes*. Alicante: 389-397.
- Dunand, M. 1939: *Fouilles a Byblos I, 1926-1932*.
- Dunand, M. 1954: *Fouilles a Byblos II, 1933-1938*.
- Eluère, C. y Raub, C. 1991: "Investigations on the gold coating technology of the great dish from Varna". En: J.P. Mohen y C. Eluère (eds.) *Découverte du Métal*. Picard. Paris: 13-30.
- Fernández Ochoa, C., et al. 2002: *Arqueominería del Sector Central de Sierra Morena. Introducción al estudio del Área Sisaponense*. Anejos de Archivo Español de Arqueología, XXVI. CSIC. Madrid.
- Formigli, E. 1985: "Appendice Tecnica". En: M. Cristofani y M. Martelli *L'Oro degli Etruschi*. Novara: 321-333.
- Genera i Monells, M. y Perea, A. 2008: "La metalurgia del oro en época antigua en el Noreste peninsular: estado actual de la investigación". En: J.M. Mata-Perelló (ed.) *Actas del I Congreso Internacional de Minería y Metalurgia en el contexto de la Historia de la Humanidad: pasado, presente y futuro*. Mequinenza, julio 2006. Ayuntamiento de Mequinenza (2007): 231-252.
- Hatchfield, P. y Newman, R. 1991: "Ancient Egyptian gilding methods". En: D. Bigelow, E. Cornu, G.J. Landrey y C. Van Horne (eds.) *Gilded Wood: Conservation and History*. Madison: 27-48.
- Ingo, G.M.; Angelini, E.; De Caro, T. y Bultrini, G. 2004: "Combined use of surface and micro-analytical techniques for the study of ancient coins". *Applied Physics A (Materials Science & Processing)*, 79: 171-176.
- Inventario, 1993: *Inventário do Museu Nacional de Arqueologia. Coleção de Ourivesaria, I.º volume. Do Calcolítico à Idade do Bronze*. Lisboa.
- Jett, P. y Chase, W.T. 2000: "The gilding of metals in China". En: T. Drayman-Weisser (ed.) *Gilded Me-*

- tals. History, technology and conservation*. Londres: 145-155.
- La Niece, S. y Craddock P. (eds.) 1993: *Metal plating and patination. Cultural, technical and historical developments*. Oxford.
- Lins, P.A. y Oddy, A.W. 1975: "The origins of mercury gilding". *Journal of Archaeological Science* 2: 365-373.
- Lucas, A. 1989 (4.^a ed.): *Ancient Egyptian Materials*. Londres.
- Lucas Pellicer, M.R. 1998: "Algo más sobre el tesoro de Villena: reconstrucción parcial de tres empuñaduras". *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la UAM* 25(1): 157-200.
- Marcoux, E. y Wadginny, A. 2005: "Le gisement Ag-Hg de Zgounder (Jebel Siroua, Anti-Atlas, Maroc): un épithermal néoproterozoïque de type Imiter". *Geoscience* 337: 1439-1446.
- Mederos, A. 1999: "La metamorfosis de Villena. Comercio de oro, estaño y sal durante el Bronce Final I entre el Atlántico y el Mediterráneo (1625-1300 AC)". *Trabajos de Prehistoria*, 56(2): 115-136.
- Moscatti, S. 1988: *I Fenici*. Catálogo Exposición. Palazzo Grassi. Milan: 436-447.
- Nicholson, E.D. 1979: "The ancient craft of gold beating". *Gold Bulletin* 12(4): 161-166.
- Oddy, A. 1991: "Gilding: an outline of the technological history of the plating of gold on to silver or copper in the Old world". *Endeavour, New Series* 15(1): 29-33.
- Oddy, A. 2000: "A history of gilding with particular reference to statuary". En: T. Drayman-Weisser (ed.) *Gilded Metals. History, technology and conservation*. Londres: 1-19.
- Oddy, A.W.; Borrelli Vlad, L. y Meeks, N.D. 1979: "The gilding of bronze statues in the Greek and Roman world". En: *The Horses of San Marco*. Thames and Hudson. Londres: 182-186.
- Olmos, R. y Rouillard, P. (eds.) 2004: *La vajilla ibérica en época helenística (siglos IV-III al cambio de era)*. Casa de Velázquez. Madrid.
- Parrot, A.; Chéhab, M.H. y Moscati, S. 1982: *I Fenici*. Milán.
- Pavón Soldevila, I. 1998: *El Cerro del Castillo de Alange (Badajoz). Intervenciones arqueológicas (1993)*. Memorias de Arqueología Extremeña 1. Mérida.
- Perea, A. 1990: "Estudio microscópico y microanalítico de las soldaduras y otros procesos técnicos en la orfebrería prehistórica del Sur de la Península ibérica". *Trabajos de Prehistoria*, 47: 103-160.
- Perea, A. 1991: *Orfebrería Prerromana. Arqueología del Oro*. Comunidad de Madrid. Caja de Madrid.
- Perea, A. 2001 (ed.): *El Tesoro visigodo de Guarrazar*. CSIC. Madrid.
- Perea, A. 2006a: "Visigothic filigree in the Guarrazar (Toledo) and Torredonjimeno (Jaén) treasures". *Historical Metallurgy*, 40(1): 1-11.
- Perea, A. 2006b: "Entre la metáfora y el mito. La representación simbólica de lo femenino en la sociedad ibérica". *MARQ, Arqueología y Museos*, 1: 49-68.
- Perea, A. e.p.: *El tesoro visigodo de Torredonjimeno, Jaén*. CSIC. Madrid.
- Perea, A.; Climent-Font, A.; Fernández-Jiménez, M.; Enguita, O.; Gutiérrez, P.C.; Calusi, S.; Migliori, A. y Montero, I. 2006: "The visigothic treasure of Torredonjimeno (Jaén, Spain): a study with IBA techniques". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 249: 638-641.
- Perea, A.; Migliori, A.; García-Heras, M.; Climent-Font, A.; Gutiérrez, P.C.; Ynsa, M.D. y Montero, e.p.: "Vidrios visigodos según los análisis realizados en los tesoros de Guarrazar (Toledo) y Torredonjimeno (Jaén)". *Jornadas Nacionales sobre Vidrio de la Alta Edad Media y Andalucía*, 2-4 noviembre, 2006. La Granja.
- Les Phéniciens* 1986: *Les Phéniciens et le Monde Méditerranéen*: Catálogo Exposición. Bruselas.
- Le Premier Or* 1989: *Le Premier Or de l'Humanité en Bulgarie, 5e millénaire*. Catálogo Exposición. Musée des Antiquités Nationales, Saint-Germain-en-Laye. Paris.
- Quinto Romero, M.L. de 1984: *Los Batihojas, artesanos del oro*. Editora Nacional. Madrid.
- Raddatz, K. 1969: *Die Schatzfunde der Iberischen Halbinsel vom Ende des Dritten bis zur Mitte des Ersten Jahrhunderts vor Chr. Geb*. Madrider Forschungen, Band 5. Berlin.
- Raub, C. 1993: "How to coat objects with gold. Pliny, Leyden Papyrus X, and Teophilus seen with modern chemist's eyes". En: C. Eluère (ed.) *Outils et Ateliers d'Orfèvres des temps anciens. Antiquités Nationales mémoire 2*. Saint-Germain-en-Laye: 101-110.
- Rovira, S. 2000: "Continuismo e innovación en la metalurgia ibérica". *III Reunió sobre Economia en el Mon Ibèric (=Sagvntvm-Plav, extra 3)*: 209-221.
- Rovira, S. y Sanz, M. 1985: "Análisis metalúrgico de los materiales de la necrópolis de El Carpio de Tajo (Toledo)". En: G. Ripoll *La necrópolis visigoda de El Carpio de Tajo (Toledo)*. Excavaciones Arqueológicas en España 142. Ministerio de Cultura. Madrid: 191-194.
- Rovira Hortalà, M.C. 1999: "La metal·lúrgia". En: M.A. Martín, R. Buzó, J.B. López y M. Mataró (dirs.) *Excavacions arqueològiques a l'Illa d'en Reixac (1987-1992)*. Monografies d'Ullastret, 1. Museu d'Arqueologia de Catalunya. Girona: 225-248.
- Schauensee, M. de 2002: *Two Lyres from Ur*. University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology. Filadelfia.

- Sun, L.; Yin, X.; Lin, X.; Zhu, R.; Xie, Z. y Wang, Y. 2006: "A 2000-year record of mercury and ancient civilization in seal hairs from King George Island, West Antarctica". *Science of the Total Environment*, 368: 236-247.
- Tylecote, R.F. 1987: *The Early History of Metallurgy in Europe*. Londres.
- Untracht, O. 1987: *Jewelry. Concepts and technology*. Londres.
- Waddell, J. 2000 (1998, 1.^a): *the Prehistoric Archaeology of Ireland*. Dublin.
- Williams, D. y Ogden, J. 1994: *Greek Gold: Jewellery of the Classical World*. Catálogo Exposición. Londres.
- Wolters, J. 2006: "Vergolden". *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde*. Band 32. Berlin: 179-199.
- Wooley, L. 1938: "Excavations at al Mina, Sueidia. I. The Archaeological Report". *Journal of Hellenic Studies*, 58 (1): 1-30.