

Los vestigios más antiguos de la actividad metalúrgica en la ciudad sirio-mesopotámica de Mari. Primeros datos*

Juan-Luis Montero Fenollós – Universidade da Coruña
Ignacio Montero Ruiz – Instituto de Historia (CSIC), Madrid

[In this paper we show the most ancient vestiges of the metallurgical activity (workshops, furnaces and alloys) from the city I of Mari, i.e., c.2900-2700 B.C.]

En 1997, tuvo lugar un coloquio en la Universidad de Estrasburgo bajo el título "Travaux récents sur et autour de Mari". Con este motivo, presentamos una comunicación sobre cuál era el estado de la investigación arqueometalúrgica en Mari (Siria). En aquella fecha, nuestro conocimiento sobre la actividad metalúrgica en la metrópolis del Medio Éufrates era muy limitado. La metalurgia formaba parte de una laguna de la investigación. La mejor prueba de ello era la existencia de un único análisis químico realizado a un objeto procedente de la ciudad II¹. Hoy, sin embargo, se puede afirmar, a la luz de los nuevos datos disponibles, que Mari era un centro internacional del comercio de metales desde su fundación c.2900 a.C.² Con el avance de las investigaciones en estos últimos años, resulta evidente que la ciudad se fundó *ex novo* con el objetivo principal de controlar el comercio de metales, que se estaba desarrollando a comienzos del III milenio a.C. en el valle del Éufrates. En este control residía, precisamente, el poder, la prosperidad y el prestigio de esta ciudad-estado sirio-mesopotámica.

* Parte de la información contenida en este artículo fue presentada en forma de comunicación en el *4th International Congress on the Archaeology of the Ancient Near East*, celebrado en la *Freie Universität* de Berlín en 2004. Agradecemos al prof. Jean-Claude Margueron el permiso para estudiar y publicar la actividad metalúrgica de la ciudad de Mari.

1. D. Beyer, "Un nouveau témoin des relations entre Mari et le monde iranien au IIIème millénaire", *Iranica Antiqua* 24 (1989), pp. 109-120. Sin embargo, recientemente un equipo de investigadores alemanes ha publicado los análisis realizados a la colección de metales de Mari conservada en el Museo del Louvre (cf. H. Hauptmann y E. Pernicka eds. *Die Metallindustrie Mesopotamiens von den Anfängen bis 2. Jahrtausend v. Chr.*, Rahden/Westf. 2004, pp. 100-102).

2. J.-L. Montero Fenollós, "Mari, centre international du commerce des métaux", *Monographies Eridu* 1 (2001), pp. 125-133; "Mari, capital del metal en el país sirio-mesopotámico", *Cervantes* 4 (2003), pp. 50-62; "Los artesanos del metal en la ciudad-estado sirio-mesopotámica de Mari", *Isimu* 4 (en prensa); "Ville, pouvoir royal et rites de fondation à la ville de Mari", *Comptes-rendus du IIIe Congrès International d'Archéologie du Proche-Orient Ancien*, Paris 2002 (en prensa); y J.C. Margueron, *Mari, métropole de l'Euphrate*, Paris 2004, pp. 106-109.

1.- Los datos arqueológicos

Las últimas campañas de excavación en la ciudad I de Mari (c. 2900-2700 a.C.) han ofrecido resultados indiscutibles sobre la vocación metalúrgica de la ciudad desde su creación. Las campañas de 1994 (*chantier* Pec), y de 2002 y 2003 (*chantier* L) han permitido documentar una serie de importantes instalaciones artesanales dedicadas al trabajo del cobre. Este artículo tiene un doble objetivo: presentar y definir el uso de algunas de las instalaciones metalúrgicas excavadas y, por último, dar a conocer los resultados de los análisis químicos realizados a un grupo de muestras de metal.

La identificación de instalaciones de combustión y de otros espacios relacionados con la metalurgia no siempre es fácil. En primer lugar, es necesario establecer los criterios a seguir para definir un área de transformación del metal, ya que la presencia de un horno o de un hogar no permite por sí mismas una asociación con este trabajo. La naturaleza de una instalación de combustión, aunque esencial en la cadena metalúrgica, no siempre es fácil de identificar. De hecho, hornos de pan, de alfarero, e incluso hogares domésticos dejan restos cenicientos y quemados que se pueden confundir con una instalación metalúrgica. La ausencia de hornos de fundición de cobre en las excavaciones arqueológicas de Mesopotamia no parece que sea sólo una cuestión de suerte, sino también un problema de identificación³. En el caso que nos ocupa, hemos seguido tres criterios básicos que permiten una interpretación de orden metalúrgico: existencia de instalaciones específicas (como sistemas de ventilación o fuelles), la presencia de herramientas metalúrgicas (como crisoles y moldes de fundición) y, por supuesto, la presencia de minerales, restos de metal y escorias.

Tanto en el *chantier* L como en Pec se han encontrado instalaciones que responden a alguno de estos criterios. No es éste el sitio para presentar todas las instalaciones encontradas en los niveles de la ciudad I de Mari. Aquí sólo mostraremos una pequeña muestra de éstas (fig. 1 y fig. 3: 1).

La campaña de 2002 ha permitido documentar en el *chantier* L una serie de instalaciones de clara vocación metalúrgica:

- Fosa circular (VIIW49.SE59) de 40 cm de diámetro rodeada de piedras y ladrillos quemados. El fondo y las paredes estaban tapizadas con cantos rodados (fig. 2: 1). En el interior había una gran masa compacta de escorias (fig. 2: 2).

- Fosa circular (VIIW49.SE60) de 74 cm de diámetro excavada en el suelo. Este hogar, de paredes verticales, contenía niveles cenicientos, tierra marrón y anaranjada, y cenizas blancas.

- Fosa prácticamente cuadrada (75 por 70 cm) y una profundidad de 20 cm (VIIW49.SE61). Contenía tierra con cenizas.

Estas tres fosas están delimitadas por varios muros que conforman un pequeño espacio o taller, el llamado *locus* 319, lo que demuestra que éstas han funcionado incontestablemente al mismo tiempo. En este mismo *locus* se encontraron restos de fundición (nº análisis 298).

Un carácter metalúrgico se dibuja también en las instalaciones del *locus* 330, donde se han detectado los siguientes restos:

- Fosa (VIIY49.NE107) de 30 cm de diámetro, rellena de niveles con pequeñas piedras y fragmentos de cerámica. En el fondo había escorias mezcladas con una materia pulverizada de color verde.

- Muy cerca de la anterior fosa, había otra de 62 cm de diámetro, que contenía tierra carbonosa, pequeñas piedras y escorias (VIIY49.NE109).

3. P.R.S. Moorey, *Ancient Mesopotamian Materials and Industries*, Winona Lake 1999, p. 265.

Por último, en el *locus* 340 (fig. 3: 2) se atestiguó una fosa (VIIY49.SO72) de 53 cm de diámetro junto a otra más pequeña de 40 cm (VIIY49.SO73). Había también un gran hogar de forma aproximadamente rectangular (175 por 50 cm) y otras pequeñas fosas (fig. 3: 2).

No hay duda, en nuestra opinión, de que estas instalaciones del *chantier* L, y otras coetáneas no descritas aquí, son los restos de hornos metalúrgicos. Sin embargo, dado el precario estado de conservación en el que nos han llegado, resulta difícil establecer cómo y para qué tarea se utilizaron dentro del proceso metalúrgico⁴.

La posición más cómoda y simple es la de pensar que se trata de hornos dedicados a la fundición de metal de cobre, ya que lo lógico era realizar la reducción del mineral cerca de la mina⁵. Es normal que los talleres sirio-mesopotámicos, alejados de las fuentes de aprovisionamiento, no importaran el mineral bruto, sino lingotes metálicos, por una cuestión de rentabilidad económica. La acción de transportar numerosos kilos de mineral con su ganga, una materia inutilizable, no tenía sentido desde el punto de vista comercial. Esto no es, sin embargo, una regla absoluta⁶ y está en relación con la escala y finalidad de la producción.

En la ciudad I de Mari existen indicios, aunque débiles numéricamente, sobre la transformación de mineral. En el sondeo arqueológico realizado, en 1994, en el espacio central del Recinto Sagrado del palacio (llamado Pec) se identificaron varias instalaciones artesanales, que ocuparon este sector desde el inicio de la historia de la ciudad. La función metalúrgica de algunas instalaciones parece evidente. Una de ellas consiste en un taller compuesto por un gran hogar y un cofre de ladrillos de adobe de forma alargada (fig. 4). Otra de ellas, estaba formada por dos grandes cofres rectangulares, también de adobe, rellenos de pequeños objetos de metal, de fragmentos de crisol y de una especie de embudos de cerámica, que pudieron servir para conectar un fuelle al horno metalúrgico⁷. En el torno de estas instalaciones se pudo observar la existencia de una gran masa de subproductos procedentes de la combustión, lo que prueba que el uso de estos hogares fue muy intenso. Entre todos estos restos cabe destacar la presencia de pequeños fragmentos de cobre (fig. 5: 2), cuyo análisis en el laboratorio ha demostrado que se trata de minerales de cobre (óxidos, carbonatos y cloruros). Estos fragmentos de mineral confirman que en la ciudad I de Mari se estaba llevando a cabo una actividad de reducción, aunque por lo exiguo de los restos no podemos determinar si era una práctica habitual o, por el contrario, se trata de un hecho puntual y excepcional.

A la luz de estos datos, y a la espera de ampliar el número de análisis realizados, proponemos la siguiente hipótesis de interpretación. El taller metalúrgico típico de la ciudad I de Mari estaba compuesto

4. Mari no es una excepción, ya que habitualmente los restos conservados se suelen corresponder con la base de los hornos, dado lo simple y efímero de este tipo de instalaciones artesanales (cf. P.T. Craddock, *Early Metal Mining and Production*, Washington D.C. 1995, p. 169ss.).

5. Este es el caso de Feinan, en Jordania, durante el Bronce Antiguo. Se ha calculado que el yacimiento produjo unas 5000 toneladas de escorias de cobre (cf. A. Hauptmann, "Development in Copper Metallurgy During the Fourth and Third Millennia BC at Feinan, Jordan" en P. Craddock y J. Lang eds. *Mining and Metal Production Through the Ages*, London 2003, pp. 90-100).

6. De hecho, en Palestina, durante el Calcolítico (IV milenio a.C.), era habitual que el mineral de cobre fuera exportado a las aldeas para ser reducido a pequeña escala (cf. "Spatial Organisation of Mining and Smelting at Feinan, Jordan" en P. Craddock y J. Lang eds. *Mining and Metal Production Through the Ages*, London 2003, p. 81). En Arslantepe, en Anatolia, los artesanos del metal redujeron en sus talleres minerales de cobre con alto contenido de arsénico importados desde el área transcaucásica o de otras regiones (cf. C. Caneva y A.M. Palmieri, "Metalwork at Arslantepe in Late Chalcolithic and Early Bronze I", *Origini* 12 (1983), p. 644). Así mismo, sabemos por la etnografía, que algunos pueblos africanos transportaron mineral bruto a la aldea debido al carácter sagrado que para ellos tenían las operaciones de transformación metalúrgica. Sobre este tema véase A. Levy-Luxerau, "Métallurgie dans le Sahel nigérien" en N. Échard (ed.) *Métallurgies Africaines. Nouvelles contributions* (MSA 9), Paris 1983, pp. 225-236.

7. J.C. Margueron, *op. cit.*, Paris 2004, p. 93.

de dos o más hogares/hornos excavados en el suelo y de un cofre rectangular para calentar los crisoles o cuadrangular para acoger un fuelle.

Uno de los talleres mejor conservados es el del *locus* 319. Se trata de un taller dedicado con toda probabilidad al refinado de lingotes de cobre, como era lo habitual en la región sirio-mesopotámica, pero no podemos excluir su uso en el proceso de reducción de minerales de cobre. Los dos hornos identificados en este taller estaban formados por dos simples fosas circulares excavadas en el suelo. En su interior se situaba el crisol con el metal de cobre o el mineral triturado y, en ambos casos, la carga se completaba con abundante carbón vegetal. La tercera instalación documentada en el taller, la fosa cuadrada, habría servido para alojar un fuelle destinado a activar el fuego de los hornos a través de toberas y obtener, de esta manera, la temperatura necesaria para la fundición.

Un buen ejemplo de un taller metalúrgico comparable con las instalaciones encontradas en la ciudad I de Mari procede del desierto Oriental de Egipto, concretamente del distrito minero de Wadi Dara. Aquí, el mineral era reducido cerca de la mina de cobre, como lo demuestran la treintena de hornos encontrados. Las escorias resultantes de este proceso conservaban aún un importante contenido de cobre metálico, que necesitaba un tratamiento complementario para extraerlo. Este tratamiento se efectuaba en los talleres de las aldeas de época Tinita-Impero Antiguo (c.3000-2600 a.C.). El ejemplo de un taller típico estaba compuesto por un brasero, un horno y un cofre alargado para los útiles⁸. Este tipo de cofre, utilizado probablemente para calentar los crisoles, está bien documentado en el *chantier* Pec.

Las investigaciones arqueológicas en el Wadi Araba, en Palestina, han permitido descubrir los restos de importantes actividades minero-metalúrgicas en el distrito de Timna. Aun a pesar de la discusión sobre su cronología, el horno de fundición del sitio 39 de Timna, es un buen ejemplo sobre el tipo de instalación metalúrgica semejante a las encontradas en Mari. Consistía en un simple hoyo excavado en el suelo y rematado por una superestructura o pared de piedra y barro. Por los laterales de esta pared se introdujeron varios tubos para generar una corriente de aire que ayudara a alcanzar la temperatura necesaria con la que fundir el mineral de cobre⁹. En el sitio 2 se documentó un horno de reducción del Bronce Reciente, cuya técnica constructiva es semejante, a pesar de las diferencias cronológicas, a una de las instalaciones metalúrgicas del *locus* 319 de Mari. Este horno de Timna tenía una base de rocas de tamaño medio, situadas sin un orden aparente. Parece que estas piedras tuvieron una función más térmica que constructiva¹⁰. En el caso de Mari se trataba de una capa de grandes cantos rodados, cuya función era, sin duda, la de aislar y acumular el calor en el interior del horno.

Hemos comenzado a realizar los primeros análisis de laboratorio para conocer la composición y naturaleza de las muestras procedentes de Mari. Los métodos utilizados han sido la Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)¹¹ con Microsonda y la Espectrometría por Fluorescencia de Rayos X (ED-XRF)¹². Aunque el conjunto de muestras analizado en esta primera fase es reducido (15 exactamente), los resultados obtenidos nos permiten empezar a definir una serie de rasgos que caracterizan la actividad metalúrgica realizada en los talleres de la ciudad I de Mari, es decir, a comienzos del III milenio a.C.

8. G. Castel y G. Pouit, "Les anciennes mines et la paléoméallurgie de Cu-Fe-Au dans le Désert Oriental d'Égypte", *Geologues* 104 (1994), pp. 39-45; G. Castel *et al.*, "Wadi Dara Copper Mines" en *Proceedings of the First International Conference on Ancient Egyptian Mining and Metallurgy and Conservation of Metallic Artifacts*, El Cairo 1995, pp. 15-31.

9. B. Rothenberg, "Copper Smelting Furnaces in the Arabah, Israel. The Archaeological Evidence" en P.T. Craddock y M.J. Hughes (eds.): *Furnaces and Smelting Technology in Antiquity*, London 1985, pp. 123ss. y fig. 3.

10. B. Rothenberg (ed.), *The Ancient Metallurgy of Copper*, London 1990, p. 3.

11. Se ha utilizado el MEB de la Universidad Autónoma de Madrid. Queremos agradecer a Salvador Rovira la supervisión en el estudio de estas muestras.

12. Se ha utilizado el espectrómetro METOREX X-MET 920MP dotado con detector de Si(Li) y fuentes de Americio-Cadmio del Museo Arqueológico Nacional (Madrid).

Nº muestra	Nº objeto	Localización
89	Pec III.50	<i>Chantier</i> Pec
90	Pec II.72	<i>Chantier</i> Pec
91	Pec II.23	<i>Chantier</i> Pec
92	Pec III.10	<i>Chantier</i> Pec
93	Pec III.97	<i>Chantier</i> Pec
95	Pec II.22	<i>Chantier</i> Pec
96	Pec III.38	<i>Chantier</i> Pec
98	Pec II.69	<i>Chantier</i> Pec
135	Pec III.5	<i>Chantier</i> Pec
255	VIIY50.SE103	<i>Chantier</i> L. Fase 2
257	VIIIX49.NE27	<i>Chantier</i> L. Fase 4-5
266	VIIIV49.NO12	<i>Chantier</i> L. Sondeo calle
296	VIIY49.SO51	<i>Chantier</i> L. <i>Locus</i> 325. Fase 3
297	VIIW49.SE62	<i>Chantier</i> L. <i>Locus</i> 311. Fase 3
298	VIIW49.SE81	<i>Chantier</i> L. <i>Locus</i> 319

Procedencia de las muestras

2.- Actividad de reducción.

La presencia de varios fragmentos de minerales de cobre, algunos parcialmente reducidos, indican, en primer lugar, que la materia prima llegó como tal a la ciudad y que aquí fue reducida a metal. Algunos fragmentos de estos minerales parcialmente reducidos conservan restos de carbón en su superficie, fruto de su contacto con el combustible en el interior del horno (fig. 5: 2).

Las características de estos minerales son variadas. Se trata de óxidos, carbonatos y cloruros de cobre con colores rojos, azulados y verdosos. Además, en el caso de la muestra 93 los análisis realizados con Microsonda revelan la presencia de sulfuro de cobre. La composición del mineral es también compleja, con presencia de elementos como arsénico y plomo. La información complementaria obtenida de los análisis globales con Microsonda y por ED-XRF muestra la alta presencia de arsénico y plomo en la muestra 89, además de un pequeño porcentaje de níquel. Por el contrario, en la muestra 90 las impurezas que dominan son las de arsénico y plata, mientras que la 91 se trata de un cobre bastante puro. En la muestra 93 aparece de nuevo el plomo y algo de arsénico, aunque el análisis de ED-XRF no refleje esta última de manera significativa. Las muestras 98 y 95 vuelven a mostrar ciertas cantidades de arsénico, siendo éste, por tanto, el elemento que con mayor regularidad aparece en las muestras analizadas.

3.- Actividad de fundición.

La presencia de crisoles con fuertes capas de escoria y gotas metálicas corroídas en su superficie exterior prueban la realización de esta actividad (fig. 5: 1). La composición que ofrecen estas escorias, además de un porcentaje alto en hierro y cobre, nos permite distinguir dos grupos: crisoles en los que se fundió cobre y aquellos en los que se fundió bronce (Cu+Sn). Aunque los porcentajes ofrecidos en los

análisis de las escorias no representan la proporción real de aleación conseguida en el crisol, las muestras 96, 255 y 297 nos indican sin ningún tipo de duda que se mezcló cobre y estaño. Los altos porcentajes de estaño en la escoria (>15%) no pueden ser fruto de la fundición de objetos reamortizados de bronce sin adición de estaño que compense las pérdidas de este elemento en cualquier refundición. Además, en la muestra 96 el porcentaje de arsénico es también elevado, dato que argumenta en contra de la presencia de metal refundido en el crisol.

En las muestras 135 y 296 los porcentajes de estaño obtenidos en la escoria son entre el 1-3 %. Sin embargo, dada la tendencia de la escoria a retener mayores proporciones de los elementos aleados que de cobre, la composición real del metal fundido en el crisol no debió alcanzar el límite del 1%. Estos crisoles probablemente no fundieron bronce y la composición observada pudiera ser fruto de mezcla de metal nuevo y de metal reamortizado que incluyese algún bronce y, por tanto, responsable de ese pequeño porcentaje de estaño, o simplemente residuos de coladas anteriores.

En el fragmento de crisol 92 se fundió un cobre arsenicado, y es prueba de la coexistencia en la producción de metales aleados y sin alear en el yacimiento.

Los elementos minoritarios detectados en todos estos crisoles se encuentran presentes en los fragmentos de mineral estudiados y debieron pasar al cobre metálico que se fundió en los mismos.

4.- *Objetos manufacturados.*

Contamos únicamente con 3 análisis de objetos de metal. Dos de ellos son fragmentos de varilla perteneciente posiblemente a alfileres. La tercera muestra es un resto de fundición. Este último se trata de un cobre arsenicado con algo de plomo y ajusta relativamente bien con la muestra de crisol nº 92 y con el metal que se podría esperar tras la reducción de los minerales. De los dos fragmentos de varilla, una es de cobre arsenicado, sin presencia de plomo, pero con un porcentaje alto (>2%) de níquel, impureza detectada en la muestra de mineral nº 89, pero que sin embargo también llevaba plomo. El segundo fragmento es un bronce pobre, sin presencia de arsénico, ni de plomo.

Entre los datos más sobresalientes de esta fase tan antigua de la ciudad de Mari (c.2900-2700 a.C.) es la utilización de la aleación de bronce, constatada no sólo en la varilla de metal, sino también en el metal de los crisoles. Dado que el metal debió ser aleado en el yacimiento por los altos porcentajes identificados en la escoria, ello implicaría la llegada de estaño, ya fuera en estado metálico o en mineral. Un estudio más detallado sobre la formación de las escorias de los crisoles permitirá definir con precisión cuál fue el proceso de aleación seguido.

5.- *Conclusión.*

A la luz de estos nuevos datos arqueometalúrgicos podemos obtener tres conclusiones significativas:

1.- La importancia de la actividad metalúrgica desde la fundación de la ciudad de Mari a comienzos del III milenio a.C. Si bien ya teníamos datos suficientes para pensar que Mari fue un importante centro de comercio de metales, los recientes hallazgos ratifican, aún más si cabe, esta idea. Mari fue una gran ciudad fundada para controlar tanto las rutas del metal como la transformación de este recurso natural. La actividad económica de la ciudad no se limitaba solo a los intercambios y a su control, sino que en alguna medida participaba en la transformación y elaboración de productos metálicos. En consecuencia, Mari llegó a ser un centro urbano que fundamentó su estrategia económica en la importación de materias primas (cobre y estaño) y en su transformación en armas, útiles y adornos. Mari

se convierte, por tanto, en la clave septentrional del abastecimiento de objetos de cobre y bronce de la Mesopotamia central.

2.- La importación de mineral bruto de cobre para su reducción en la ciudad. Aunque por el momento se trata de una muestra exigua, tenemos pruebas que apuntan a la reducción de mineral de cobre en Mari. Es probable que esta importación se realizara a través del canal de navegación que conectaba la ciudad con el río Habur, la vía natural de acceso a los distritos mineros del sureste de Anatolia. Además, la variabilidad en las impurezas de estos minerales sugiere un origen diverso de las mismas, rasgo que acentúa el valor estratégico de Mari, lugar en el que confluyen diversos recursos minerales.

3.- La importación de estaño en una época en la que el uso metalúrgico de este metal es muy escaso en el valle del Éufrates. La presencia de estaño en alguno de los crisoles analizados demuestra que la fabricación de la aleación de bronce se estaba realizando en Mari en los inicios del III milenio a.C. Por los datos disponibles, parece que en esta época la obtención de bronce sólo estaba al alcance de unos pocos centros¹³. Sin embargo, lo que tenemos en Mari es una magnífica prueba documental de que el estaño estaba circulando por el valle del Éufrates mucho antes de lo indicado por los documentos administrativos de su archivo palacial del s. XVIII a.C., e incluso por lo expresado en los textos económicos del palacio de Ebla¹⁴. Por el momento, no tenemos datos seguros sobre el origen del estaño utilizado en los talleres mariotas, pero es probable que proceda de los montes Tauro. En esta zona se encuentran las minas de Kestel, una veta de casiterita cuyo aprovechamiento se remonta a finales del período Calcolítico (c.3000 a.C.)¹⁵. Los análisis de isótopos de plomo sugieren que los recursos mineros del Tauro eran utilizados en establecimientos del III milenio a.C. del ámbito sirio y mesopotámico¹⁶. Y Mari se encuentra en la confluencia de ambos mundos.

Nº	Zona	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	FeO	CuO	As ₂ O ₃	PbO	SO	Cl ₂ O
89/4	Análisis global	0	6,83	13,1	0	1,02	3,43	40,8	17,6	10,2	6,9	0	0
90/4	Análisis global	0	5,46	2,22	0	0	1,56	6,74	63,9	4,3	0	0	15,7
91/2	Ganga (plagioclasa)	0	22,5	66,04	7,23	1,07	3,17	0	0	0	0	0	0
91/3	Análisis global	1,46	2,98	2,81	0	0,17	0,77	0,92	73,3	0	0	0	17,6
93/3	Análisis global	0	3,54	1,77	0	0	0	0	85,9	3,01	3,44	1,57	0,71

Tabla 1.- Análisis de minerales de Mari con Microsonda y expresados en % en peso de óxidos

13. Los objetos de bronce del valle del Éufrates encontrados en contextos de comienzos del III milenio son muy escasos. Sobre los primeros bronces en Siria y Mesopotamia véase J.-L. Montero Fenollós, "La tumba de la princesa de Qara Quzaq", *Historiae* 1 (2004), p. 41; M. Müller-Karpe, "Aspects of Early Metallurgy in Mesopotamia", en E. Pernicka y G.A. Warner (eds.): *Archaeometry* 90, Heidelberg 1991, p.110; P. Lutz *et al.*, "Die Zusammensetzung einiger Metallfunde aus Uruk-Warka", *Baghdader Mitteilungen* 27 (1996), pp. 121 y 124.

14. K. Reiter, *Die Metalle im Alten Orient*, Münster, pp. 259ss.; H.Limet, *Textes administratifs relatifs aux métaux* (ARM XXV), Paris 1986.

15. K.A. Yener y P.B. Vandiver, "Tin Processing at Göltepe an Early Bronze Age Site in Anatolia", *AJA* 97 (1993), p. 214.

16. K.A. Yener y P.B. Vandiver, *op. cit.*, p. 210.

Análisis	Tipo	Nº	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb
PA11306	Frag. varilla	266	0,66	nd	92,7	nd	nd	0,041	6,58	0,036	nd
PA11309	Frag. varilla	257	0,23	2,81	95,2	nd	1,64	nd	nd	0,171	nd
PA11170	Crisol. Resto fundición	298	15,2	0,34	78,7	nd	3,26	nd	nd	0,573	1,90
PA11302	Mineral	95	1,32	nd	95,0	nd	2,22	nd	0,41	0,023	1,06
PA11305	Mineral	98	3,26	0,44	94,4	nd	1,51	0,032	0,36	0,008	nd
PA10108	Mineral	89	22,1	2,62	58,1	nd	4,07	nd	0,68	0,198	12,2
PA10112	Mineral	90	7,01	nd	88,4	nd	2,20	2,23	tr	0,148	tr
PA10109	Mineral	93	0,63	nd	85,7	nd	0,41	0,145	0,30	0,084	12,6
PA10111	Metal	91	0,67	nd	98,7	nd	0,45	nd	0,10	0,037	nd
PA11303	Escoria crisol	135	34,9	nd	61,1	nd	nd	nd	1,22	nd	2,73
PA11308	Escoria crisol	255	17,7	nd	43,1	nd	0,87	nd	38,2	0,104	nd
PA11301b	Escoria crisol	96	21,2	nd	45,6	nd	10,3	nd	22,7	0,172	nd
PA11172	Escoria crisol	296	25,5	nd	66,0	nd	3,68	0,056	2,79	0,072	1,90
PA11171	Escoria crisol	297	16,2	nd	64,7	nd	1,26	0,057	16,2	0,122	1,47
PA11304	Escoria crisol	92	39,2	0,45	54,3	nd	4,84	nd	0,18	0,067	0,94

Tabla 2.- Análisis por ED-XRF de los materiales de Mari I. Valores expresados en % en peso (nd= no detectado; tr = trazas)

Leyenda figuras (las fotos y planos de las fig. 1, 3 y 4 han sido cedidos por la Misión Arqueológica de Mari):

Fig.1. 1-2: Taller metalúrgico, *locus* 319.

Fig. 2. 1: Cantos rodados que revestían la fosa VIIW49.SE59. 2: Bloque de escorias de la misma fosa.

Fig. 3. 1: Taller metalúrgico, *locus* 319. 2: Otras instalaciones metalúrgicas del *chantier* L.

Fig. 4. 1-3: Instalaciones metalúrgicas del *chantier* Pec.

Fig. 5. 1: Fragmento de crisol. 2: Fragmentos de mineral de cobre.



1

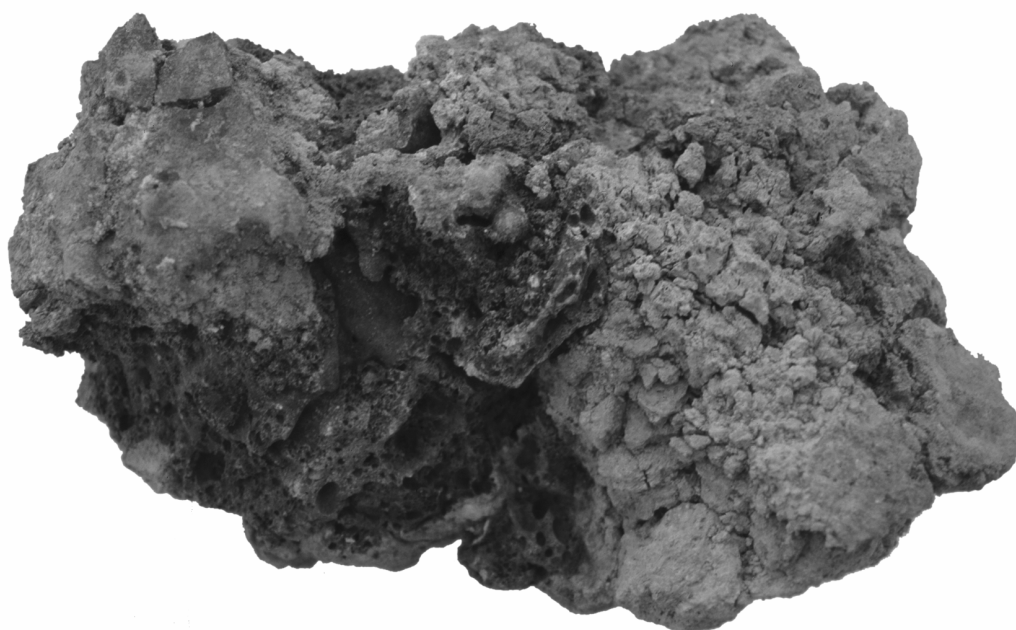


2

Figura 1

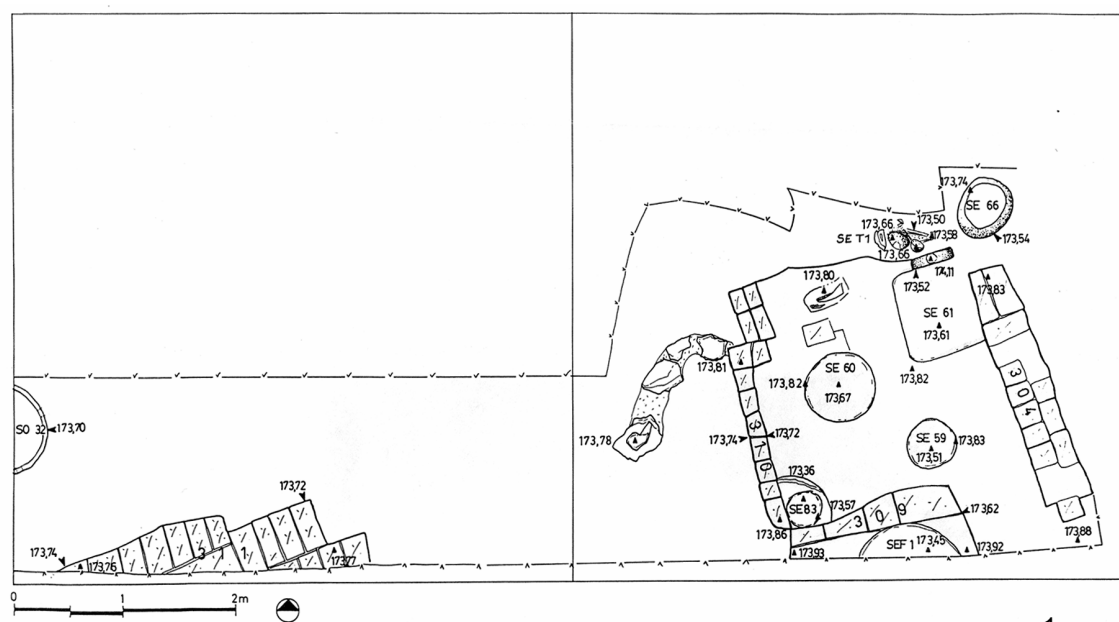


1



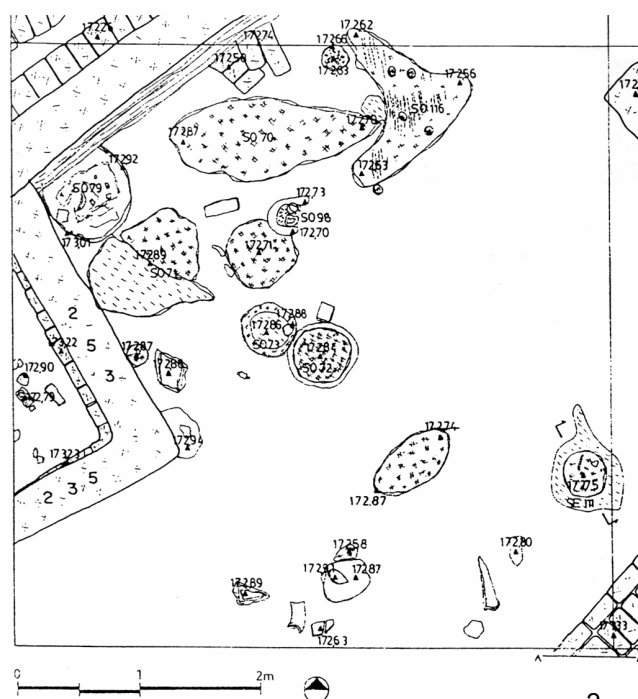
2

Figura 2



CHANTIER L
THA 2002-05
E.DEVAUX

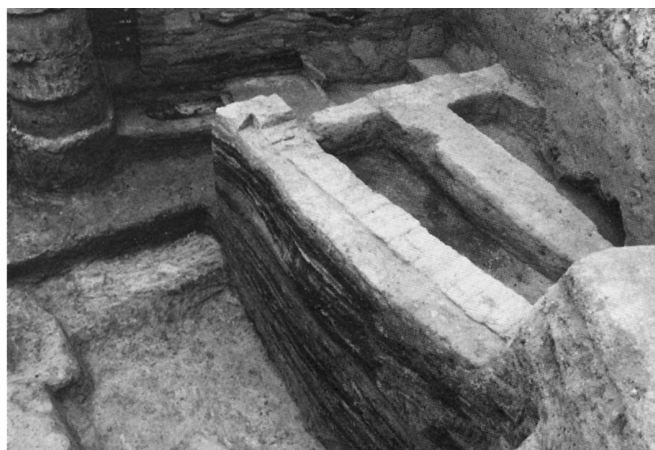
1



CHANTIER L
THA 2003-35
E.DEVAUX

2

Figura 3



1



2

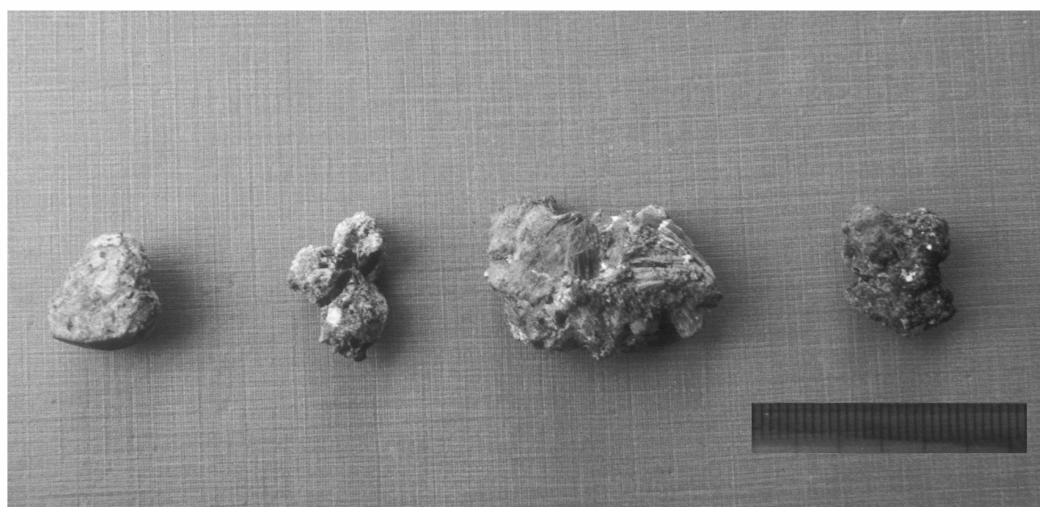


3

Figura 4



1



2

Figura 5