

**Arqueometal·lúrgia: Producció i Ús**

Codi: 44483

Crèdits: 6

| Titulació                        | Tipus | Curs | Semestre |
|----------------------------------|-------|------|----------|
| 4317545 Arqueologia Prehistòrica | OT    | 0    | 2        |

La metodologia docent i l'avaluació proposades a la guia poden experimentar alguna modificació en funció de les restriccions a la presencialitat que imposin les autoritats sanitàries.

**Professor/a de contacte**

Nom: Ignacio Soriano Llopis

Correu electrònic: Ignacio.Soriano@uab.cat

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: espanyol (spa)

**Altres indicacions sobre les llengües**

Llengua vehicular

**Equip docent**

Roberto Risch

**Prerequisits**

No existeix cap prerequisit tot i que és recomanable un coneixement bàsic sobre metal·lúrgia prehistòrica.

**Objectius**

L'arqueometal·lúrgia es centra en l'estudi de la metal·lúrgia en totes les seves fases (extracció/mineria, reducció, fosa, acabat, ús, manteniment), tant des del punt de vista tecnològic com econòmic i social. Els materials arqueològics susceptibles de ser estudiats no es limiten als productes acabats en diferents tipus de metalls (base coure, or, plata, plom, ferro), sinó a totes les eines i elements emprats (lítics, ossis, ceràmics), productes intermedis així com restes i residus. L'objectiu d'aquest mòdul és adquirir un coneixement que permeti entendre qualsevol estudi arqueometal·lúrgic i plantejar-ne un de propi de forma autònoma. Per aquesta raó s'abordaran aspectes com la planificació d'objectius, les principals tècniques d'anàlisi en ús (destructives i no destructives) i la interpretació de resultats. Les dades s'exposaran tant de forma teòrica com, principalment, mitjançant casos pràctics i problemàtiques arqueològiques actuals. L'enfocament del mòdul és teòric-pràctic i inclou pràctiques amb materials arqueològics i mineralògics.

Les classes impartides per l'equip docent de la UAB es combinaran amb seminaris impartits per investigadores i investigadors de reconegut prestigi en el camp de l'arqueometal·lúrgia.

**Competències**

- Analitzar críticament una problemàtica científica determinada a partir de evidències i documentació específiques.
- Analitzar i extreure informació científica rellevant de materials arqueològics i dels resultats obtinguts en anàlisis científiques especialitzades.

- Combinar resultats procedents de diferents programes d'anàlisis especialitzades, identificant eventuais contradiccions i elaborant síntesis conclusives.
- Demostrar habilitats de rigor, responsabilitat i qualitat en el treball científic i divulgatiu.
- Dissenyar projectes de recerca sobre jaciments i materials arqueològics de cronologia prehistòrica.
- Que els estudiants sàpiguin aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.
- Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit.
- Reconèixer els reptes actuals en l'àmbit d'estudi de l'arqueologia prehistòrica
- Reconèixer i utilitzar els conceptes teòrics i metodològics apropiats per al disseny, la planificació i l'execució de projectes sobre jaciments i materials arqueològics de cronologia prehistòrica
- Tenir coneixements que aportin la base o l'oportunitat de ser originals en el desenvolupament o l'aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.
- Treballar tant de manera individual com en equips de caràcter interdisciplinari

## Resultats d'aprenentatge

1. Aplicar críticament les tècniques de recerca sobre materials metàl·lics en arqueologia prehistòrica.
2. Avaluar críticament la idoneïtat de les diferents eines instrumentals necessàries per a la recerca en arqueobotànica.
3. Fer servir el vocabulari tècnic específic i d'interpretació adequat.
4. Fer servir el vocabulari tècnic específic i d'interpretació associat a la zooarqueologia.
5. Que els estudiants sàpiguin aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.
6. Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit.
7. Reconèixer els principals reptes en l'àmbit de l'estudi dels recursos metàl·lics de cronologia prehistòrica.
8. Reconèixer i posar en pràctica habilitats bàsiques per al treball en equip.
9. Relacionar el treball de camp i l'estudi dels materials lítics de cronologia prehistòrica amb les problemàtiques de coneixement històric concretes que es pretengui resoldre.
10. Relacionar els enfocaments teòrics amb el context històric del qual sorgeixen i amb els mètodes de recerca.
11. Tenir coneixements que aportin la base o l'oportunitat de ser originals en el desenvolupament o l'aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.

## Continguts

1. Producció metal·lúrgica prehistòrica. Aspectes generals, fases, estris emprats
2. Planificació, objectius i mostreig arqueometal·lúrgic
3. Tècniques d'anàlisi I. Composició elemental i microestructura metal·logràfica
4. Tècniques d'anàlisi II. Anàlisi d'isòtops de plom i traceologia metàl·lica
5. Cas pràctic I. Estudi d'escòries i àrees d'abastiment de coure a la metal·lúrgia calcolítica del sud-est de la Península Ibèrica
6. Cas pràctic II. Arqueometal·lúrgia del Disc de Nebra (Alemanya)
7. Orfebreria i metal·lúrgia de metalls nobles
8. Siderúrgia i treball del ferro

## Metodologia

Activitats dirigides:

- Classes teòriques sobre aspectes teòrics i metodològics de l'assignatura
- Classes de discussió i debat
- Seminaris amb investigadores de reconegut prestigi
- Pràctiques amb materials arqueològics

Activitats supervisades:

- Tutories i exercicis pautats d'aprenentatge

Activitats autònomes

- Recerca, lectura de texts, redacció de treballs, estudi

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

## Activitats formatives

| Títol                                                                    | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|------|--------------------------|
| Tipus: Dirigides                                                         |       |      |                          |
| Classes de discussió i debat                                             | 3     | 0,12 | 1, 3, 7                  |
| Classes teòriques sobre aspectes teòrics i metodològics de l'assignatura | 15    | 0,6  | 1, 3, 7, 8, 11           |
| Pràctiques amb materials arqueològics                                    | 3     | 0,12 | 1, 3, 5, 11              |
| Seminaris amb investigadores de reconegut prestigi                       | 15    | 0,6  | 1, 3, 7, 8, 11           |
| Tipus: Supervisades                                                      |       |      |                          |
| Tutories i exercicis pautats d'aprenentatge                              | 25    | 1    | 1, 3, 5, 6               |
| Tipus: Autònomes                                                         |       |      |                          |
| Recerca, lectura de texts, redacció de treballs, estudi                  | 89    | 3,56 | 1, 3, 5, 6, 7            |

## Avaluació

- Exercicis pràctics. Realitzats amb materials arqueològics i minerals metàl·lics.
- Entrega d'exercicis i casos d'estudi. Exercicis d'extensió reduïda sobre aspectes concrets del temari.
- Treball de recerca. Treball final centrat en un aspecte concret (metodològic o pràctic) del temari.

## Activitats d'avaluació

| Títol | Pes | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge |
|-------|-----|-------|------|--------------------------|
|-------|-----|-------|------|--------------------------|

|                                      |     |   |   |                            |
|--------------------------------------|-----|---|---|----------------------------|
| Entrega d'exercicis i casos d'estudi | 15% | 0 | 0 | 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 |
| Exercicis pràctics                   | 45% | 0 | 0 | 1, 3, 5, 7                 |
| Treball de recerca                   | 40% | 0 | 0 | 1, 3, 5, 6, 7, 8, 11       |

## Bibliografia

### Obres generals

Ambert, P., Vaquer, J. (dir.) 2005. *La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes. Actes du colloque international, Carcassonne 28-30 septembre 2002*. Mémoire XXXVII de la Société Préhistorique Française.

Dias, M.I. y Cardoso, J.L. (eds.) 2012: *Actas do IX Congresso Ibérico de Arqueometria, Vol. 19. Lisboa (2011)*. Estudos Arqueológicos de Oeiras.

Frère-Sautot, M-Ch. (dir.) 1998. *Paléometallurgie des cuivres. Actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune 17-18 octobre 1997*. Montagnac: Éditions Monique Mergoil, Monographies Instrumentum 5.

Hauptmann, A. 2020. *Archaeometallurgy - Materials Science Aspects*. Cham: Springer, Natural Science in Archaeology. doi: [10.1007/978-3-030-50367-3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50367-3)

Kienlin T.L., Roberts, B.W. (ed.). 2009. *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. Bonn: Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie, Band 169.

Mohen, J.P. 1992. *Metalurgia prehistórica. Introducción a la paleometalurgia*. Barcelona: Masson.

Montero Ruiz, I. (coord.) 2010. *Manual de arqueometalurgia*. Madrid: Comunidad del Madrid, Museo Arqueológico Nacional.

Montero Ruíz, I. y Perea, A. (ed.) 2017: *Archaeometallurgy in Europe IV*. Bibliotheca Praehistorica Hispana, vol. XXXIII. CSIC. Madrid. ISBN : 978-84-00-10287-6

Roberts, B.W., Thornton, Ch.P. (ed.). 2014. *Archaeometallurgy in Global Perspective. Methods and Syntheses*. New York: Springer. doi: [10.1007/978-1-4614-9017-3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9017-3)

Tylecote, R. F. 1986. *The prehistory of metallurgy in the British Isles*: London, The Institute of Metals.

Tylecote, R. F. 1992. *A history of metallurgy* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Maney, for the Institute of Materials.

### Tema 1 i 2. Producció metal·lúrgica prehistòrica / Planificació, objectius i mostreig arqueometal·lúrgic

Craddock, P.T. 1995. *Early metal mining and production*. Edinburgh: Edinburgh University Press.

Delibes de Castro, G., Montero Ruiz, I. (coord.) 1999. *Las primeras etapas metalúrgicas en la Península Ibérica II. Estudios regionales*. Madrid: Instituto Universitario Ortega y Gasset.

Gómez Ramos, P. 1999. *Obtención de metales en la Prehistoria de la Península Ibérica*. Oxford: BAR International Series 753.

O'Brien, W. 2015. *Prehistoric copper mining in Europe: 5500-500 BC*. Oxford: Oxford University Press.

Rovira, S., Ambert, P. 2002. Vasijas cerámicas para reducir minerales de cobre en la Península Ibérica y en la Francia meridional. *Trabajos de Prehistoria* 59(1), 89-195. doi: [10.3989/tp.2002.v59.i1.212](https://doi.org/10.3989/tp.2002.v59.i1.212)

Wang, Q., Ottaway, B.S. 2004. *Casting experiments and microstructure of archaeological relevant bronzes*. Oxford: BAR International Series 1331.

### Tema 3. Composició elemental i microestructura metal·logràfica

Junghans, S., Sangmeister, E., Schröder, M. 1960. *Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde Europas*. Berlin: Romisch-Germanisches Zentralmuseum, Studien zu den Anfängen der Metallurgie 1.

Junghans, S., Sangmeister, E., Schröder, M. 1968. *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas*. Berlin: Romisch-Germanisches Zentralmuseum, Studien zu den Anfängen der Metallurgie 2.

Rovira Llorens, S., Gómez Ramos, P. 2005. *Las primeras etapas metalúrgicas en la Península Ibérica III. Estudios metalográficos*. Madrid.

Rovira Llorens, S., Montero Ruiz, I., Consuegra Rodríguez, S. 1997. *Las primeras etapas metalúrgicas en la Península Ibérica I. Análisis de materiales*. Madrid: Instituto Universitario Ortega y Gasset.

Scott, D.A. 2010. *Ancient Metals: Microstructure and Metallurgy* vol I. Los Angeles: Conservation Science Press.

Scott, D.A., Schwab, R. 2019. *Metallography in Archaeology and Art*. Cham: Springer, Cultural Heritage Science. doi: [10.1007/978-3-030-11265-3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11265-3)

### Tema 4. Anàlisi d'isòtops de plom i traceologia metàl·lica

AAVV. 2009. Lead isotopes and archaeometallurgy. Edited by F. Cattin, B. Guénette-Beck, M. Besse and V. Serneels. *Archaeological and Anthropological Sciences. Special Issue* 1(3).

Dolfini, A., Crellin, R.J. 2016. Metalwork wear analysis: The loss of innocence. *Journal of Archaeological Science* 66, 78-87. doi: [10.1016/j.jas.2015.12.005](https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.12.005)

Greenfield, H.J. 1999. The origins of metallurgy: distinguishing stone from metal cut-marks on bones from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 26, 797-808. doi: [10.1006/jasc.1998.0348](https://doi.org/10.1006/jasc.1998.0348)

Gutiérrez, C., Soriano, I. 2008. La funcionalidad sobre material metálico. Bases y aplicaciones de estudio. En: S. Rovira Llorens, M. García-Heras, M. Gener Moret, I. Montero Ruiz (ed). *Actas del VII Congreso Ibérico de Arqueometría. Madrid, 8-10 de octubre 2007*, CSIC, Madrid: 432-447

Killick, D.J., Stephens, J.A., Fenn, T.R. 2020. Geological constraints on the use of lead isotopes provenance on archaeometallurgy. *Archaeometry* 62(S1), 86-105. doi: [10.1111/arcm.12573](https://doi.org/10.1111/arcm.12573)

Montero Ruiz, I. 2018. La procedencia del metal: consolidación de los estudios con isótopos de plomo en la Península Ibérica. *Revista d'Arqueologia de Ponent* 28, 313-330. doi: [10.21001/rap.2018.28.17](https://doi.org/10.21001/rap.2018.28.17)

Radivojević, M., Roberts, B.W., Pernicka, E., Stos-Gales, Z., Martínón-Torres, M., Rehren, T., Bray, P., Brandherm, D., Ling, J., Mei, J., Vandkilde, H., Kristiansen, K., Shennan, S.J., Broodbank, C. 2019. The provenance, use, and circulation of metals in the European Bronze Age: The state of debate. *Journal of Archaeological Research* 27, 131-185. doi: [10.1007/s10814-018-9123-9](https://doi.org/10.1007/s10814-018-9123-9)

Sands, R. 1997. *Prehistoric Woodworking. The analysis and interpretation of Bronze and Iron Age toolmarks*. London: The Institute of Archaeology, UCL, Wood in Archaeology 1.

### Tema 5. Metal·lúrgia calcolítica del sud-est de la Península Ibèrica

Delgado Raack, S., Escanilla Artigas, N. y Risch, R. 2014. Mazas Ocultas. Rastros de minería prehistórica en el Cerro Minado de Huércal-Overa (Almería). *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada* 24: 13-44.

Escanilla, N. 2016. *Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular. El valle del Guadalentín*. Bellaterra: Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.  
<https://www.tdx.cat/handle/10803/399293>

Escanilla, N., Bourgarit, D. y Mille, B. 2016. Mezcla de minerales y cobre arsenical. El excepcional caso de Agua Amarga (La Fuensanta, Lorca). *Alberca* 14: 7-30.

Montero Ruiz, I. 1994. *El Origen de la Metalurgia en el sudeste de la Península Ibérica*. Almería: Instituto de Estudios Almerienses.

Rovira, S. y Renzi, M. 2017. Early technologies for metal production in the Iberian Peninsula. *Materials and Manufacturing Processes* 32(7-8): 756-64.

Rovira, S. y Montero Ruiz, I. 2013. Iberia: Technological Development of Prehistoric Metallurgy. En: S. Burmeister, M. Kunst, y N. Müller-Scheeßel (ed.). *Metal Matters: Innovative Technologies and Social Change in Prehistory and Antiquity*. Rahden/Westfalen: Verlag Marie Leidorf, pp. 231-239.

#### Tema 6. Arqueometal-lúrgia del Disc de Nebra

Borg, G. 2019. In search of the golden sky: Cornwall as the source of the gold of the Bronze Age Sky Disc of Nebra. *Journal of the Royal Institution of Cornwall* 2019, 38-57.

Meller, H., Michel, K. 2020. *El Disco celeste de Nebra: la clave de una civilización extinta en el corazón de Europa*. Barcelona: Antoni Bosch Editor.

Pernicka, E., Adam, J., Borg, G., Brüggemann, G., Bunnefeld, J.-H., Kainz, W., Klamm, M., Koiki, Th., Meller, H., Schwarz, R., Stöllner, Th., Wunderlich, Ch.-H., Reichenberger, A. 2020. Why the Nebra Sky Disc dates to the Early Bronze Age. An overview of the interdisciplinary results. *Archaeologica Austriaca* 104/2020, 89-122. doi: [10.1553/archaeologia104s89](https://doi.org/10.1553/archaeologia104s89)

#### Tema 7. Orfebrería i metal-lúrgia de metalls nobles

Bartelheim, M., Contreras Cortés, F., Moreno Onorato, A., Murillo-Barroso, M., Pernicka, E. 2012. The silver of the South of Iberian El Argar Culture: A first look at production and distribution. *Trabajos de Prehistoria* 69(2), 293-309. doi: [10.3989/tp.2012.12093](https://doi.org/10.3989/tp.2012.12093)

Klemm, R., Klemm, D. 2013. *Gold and gold mining in Ancient Egypt and Nubia. Geoarchaeology of the ancient gold mining sites in the Egyptian and Sudanese Eastern deserts*. Berlin: Springer, Natural Science in Archaeology.

Körlin, G., Prange, M., Stöllner, T. y Yalçın Ü. (ed.) 2016. *From bright ores to shiny metals. Festschrift for Andreas Hauptmann on the occasion of 40 years research in Archaeometallurgy and Archaeometry*. Der Anschnitt. Beiheft 29. Bochum.

Leusch, V., Armbruster, B., Pernicka, E., Slavčev, V. 2015. On the invention of gold metallurgy: the gold objects from the Varna I cemetery (Bulgaria)-Technological consequence and inventive creativity. *Cambridge Archaeological Journal* 25, 353-376. doi: [10.1017/S0959774314001140](https://doi.org/10.1017/S0959774314001140)

Meller, H.H., Risch, R., Pernicka, E. (ed.) 2014. *Metalle der Macht - Frühes Gold und Silber. Metals of Power - Early Gold and Silver*. Halle: Landesmuseums für Vorgeschichte 11.

Perea A. (ed.) 2011. *La Fíbula Braganza. The Braganza Brooch*. Madrid: Polifemo-CSIC.

Perea, A. 2018 . Contacts and transitions: Iron Age gold in the Eastern Iberian Península. En: R. Schwab, P.Y. Milcent, B. Armbruster y E. Pernicka (ed.). *Early Iron Age Gold in Celtic Europe. Society, technology and archaeometry. Proceedings of the Int. Congress held in Toulouse, 11-14 March 2015*. Leidorf, pp. 357-368.

Perea, A. 2019 . On Quimbaya goldwork (Colombia), lost wax casting and ritual practice in America and Europe. En: X.L. Armada, M. Murillo-Barroso y M. Charlton (ed.). *Metal, Minds and Mobility. Integrating scientific data with archaeological theory*. Oxford: Oxbow, pp. 53-66.

Perea, A. y Armbruster B. 2011. Tomb 100 at Cabezo Lucero: new light on goldworking in fourth-century BC Iberia. *Antiquity* 85(327), 158-171. doi: <https://doi.org/10.1017/S0003598X00067508>

Perea, A. y García Gandía, J.R. 2010. Análisis MEB e interpretación de la orfebrería fenicia de Les Casetes, Villajoyosa, Alicante. En: M.E. Saiz Carrasco, et al. (ed.). *VIII Congreso Ibérico de Arqueometría*. Teruel: Seminario de Arqueología y Etnología Turolense, pp. 177-192.

Perea, A. y García Vuelta, O. 2012. Gold usage. Wear marks and/or deterioration in site conditions. En: N. Meeks, C. Cartwright, A. Meek, A. Mongiatti (ed.). *Historical Technology, Materials and Conservation: SEM and Microanalysis*. London: Archetype, p. 86-92.

Perea, A., García Vuelta, O., Fernández Freire, C. 2010. *El proyecto Au. Estudio arqueométrico de la producción de oro en la Península Ibérica*. Madrid: CSIC, Bibliotheca Praehistorica Hispana XXVII.

Perea, A., García-Vuelta, O. y Montero I. 2020. El mercurio en la producción orfebre peninsular: perspectivas arqueológicas y arqueométricas. En: M<sup>a</sup>N. Zarzalejos Prieto, P. Hevia Gómez, L. Mansilla Plaza (coord.). *El Oro Rojo en la Antigüedad. Perspectivas de investigación sobre los usos y aplicaciones del cinabrio entre la Prehistoria y el fin del mundo antiguo*. 28-29 Noviembre 2016. Madrid: UNED.

Perea, A., Gutiérrez-Neira, P.C., Climent-Font, A., Fernández-Esquivel, P., Rovira-Llorens, S., Ruvalcaba-Sil, J.L., Verde, A., Zucchiatti, A. 2013. Pre-hispanic goldwork technology. The Quimbaya Treasure, Colombia. *Journal of Archaeological Science* 40(5), 2326-2334. doi: [10.1016/j.jas.2012.12.033](https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.12.033)

Perea A., Verde Casanova, A. y Gutiérrez Usillos, A. 2016. *El Tesoro Quimbaya*. Madrid: CSIC, Ministerio de Educación.

Perea A., Vilaça, R. y Armbruster, B. 2016. Arqueometría y contexto artesanal de los discos áureos de Fortios (Portalegre, alto Alentejo, Portugal). *Trabajos de Prehistoria* 73(2), 352-364. doi: [10.3989/tp.2016.12179](https://doi.org/10.3989/tp.2016.12179)

Soriano, I., Perea, A., Escanilla, N., Contreras Rodrigo, F., Ali Al Ali, Y.Y., Radwan Karim, M.B. y Zein, H. 2018. Goldwork technology at the Arabian Peninsula. First data from Saruq al Hadid Iron Age site (Dubai, United Arab Emirates). *Journal of Archaeological Science: Reports* 22: 1-10. doi: [10.1016/j.jasrep.2018.08.030](https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.08.030)

## Tema 8. Siderurgia i treball del ferro

Buchwald, V. F. 2005. *Iron and Steel in ancient times*. Copenhagen: Historisk-filosofiske Skrifter 29, Det Kongelige Danske Videnskabsnernes Selskab (Royal Danish Academy of Sciences and Letters).

Franco Pérez, F. J. y Gener Moret, M. 2017. Early ironwork in Biscay: Survey, excavation, experimentation and materials characterization. An integral study of the mountainside ironworks (*ferrerías de monte* or "*haizeolak*"). *Materials and Manufacturing Processes* 32(7-8), 876-884. doi: [10.1080/10426914.2016.1221111](https://doi.org/10.1080/10426914.2016.1221111)

Gener Moret, M. 2010. Tecnología de la metalurgia del Hierro. En: I. Montero Ruiz (coord.). *Manual de arqueometalurgia*. Madrid: Comunidad del Madrid, Museo Arqueológico Nacional, pp. 189-232.

Kapp, L., Kapp, H., Yoshihara, Y. 1987. *The Craft of the Japanese Sword*. Kodansha International.

Pleiner, R., 1980. Early Iron Metallurgy in Europe. En: T. Wertime y J. Muhly, J. (ed.). *The Coming of the Age of Iron*. Yale: Yale University Press, pp. 375-415.

Pleiner, R., 2000. *Iron in archaeology : the European bloomery smelters*. Praga: Archeologický Ústav AV.

Pleiner, R. 2006. *Iron in archaeology: early european blacksmiths*. Praga: Archeologický Ústav AV.

Sachse, M. 1994. *Damascus steel: myth, history, technology, Applications*. Düsseldorf: Stahleisen.

Sarabia Herrero, F. J. 1994. Aproximación teórica y metalográfica a la reducción de hierro en la prehistoria partiendo del trabajo experimental. *Trabajos de Prehistoria*, 51(1), 95-109. doi: [10.3989/tp.1994.v51.i1.466](https://doi.org/10.3989/tp.1994.v51.i1.466)

Scott, D. A., Podany, J., Considine B. B. (ed.) 1994. *Ancient & Historic Metals: Conservation and Scientific Research*. Getty Conservation Institute.

- Smith, C. S. 1964. The discovery of Carbon in Steel. *Technology and culture* 5(2), 149-175.
- Smith, C. S. 1981. *Search for Structure: Selected Essays on Science, Art and History*. Chicago: The MIT Press.
- Smith, C. S. 1988. *A history of metallography : the development of ideas on the structure of metals before 1890*. Chicago: The MIT Press.
- Tylecote, R. F., Gilmour B. J. J. 1986. *The metallography of early ferrous edge tools and edged weapons*. Oxford: British Archaeological Reports, British Series 155.
- Verhoeven, J. D. 2007. *Steel metallurgy for the non-metallurgist*. Ohio: Materials Park, ASM International.
- Wagner, D. 1996. *Iron And Steel In Ancient China: Second Impression, With Corrections (handbuch Der Orientalistik/4. Abteilung, China, Bd 9)*. Brill Academic Publishers.
- Wagner, D. B. 2007. Science and civilisation in China. Vol. 5, Chemistry and chemical technology. Part 11, Ferrous metallurgy. En: J. Needham (ed.). *Science & Civilisation in China*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Williams, A. 2003. *The Knight and the Blast Furnace: A History of the Metallurgy of Armour in the Middle Ages & the Early Modern Period*. Leiden: Brill Academic Publishers.
- Williams, A. 2009. A metallurgical Study of some Viking Swords. *Gladius* 29, 121-184. doi: [10.3989/gladius.2009.218](https://doi.org/10.3989/gladius.2009.218)

## Programari

No és necessari cap programari específic.