

Arqueometalurgia: Producción y Uso

Código: 44483
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
4317545 Arqueología Prehistórica	OT	0	2

La metodología docente y la evaluación propuestas en la guía pueden experimentar alguna modificación en función de las restricciones a la presencialidad que impongan las autoridades sanitarias.

Contacto

Nombre: Ignacio Soriano Llopis

Correo electrónico: Ignacio.Soriano@uab.cat

Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: español (spa)

Equipo docente

Roberto Risch

Prerequisitos

No existe ningún prerrequisito, aunque es recomendable un conocimiento básico sobre metalurgia prehistórica.

Objetivos y contextualización

La arqueometalurgia se centra en el estudio de la metalurgia en todas sus fases (extracción/minería, reducción, fundición, acabado, uso, mantenimiento), tanto desde el punto de vista tecnológico como económico y social. Los materiales arqueológicos susceptibles de ser estudiados no se limitan a productos acabados en diferentes tipos de metales (base cobre, oro, plata, plomo, hierro), sino a todas las herramientas e instrumentos empleados (líticos, óseos, cerámicos), productos intermedios así como restos y residuos. El objetivo de este módulo es adquirir un conocimiento que permita entender cualquier estudio arqueometalúrgico y plantear uno propio de forma autónoma. Para ello se abordarán aspectos como la planificación de objetivos, las principales técnicas de análisis en uso (destructivas y no destructivas) y la interpretación de resultados. Los datos se expondrán tanto de forma teórica como, principalmente, a partir de casos prácticos y problemáticas arqueológicas actuales. El enfoque del módulo es teórico-práctico e incluye prácticas con materiales arqueológicos y mineralógicos.

Las clases impartidas por el equipo docente de la UAB se combinarán con seminarios impartidos por investigadoras e investigadores de reconocido prestigio en el campo de la arqueometalurgia

Competencias

- Analizar críticamente una problemática científica determinada a partir de evidencias y documentación específicas.
- Analizar y extraer información científica relevante de materiales arqueológicos y de los resultados obtenidos en análisis científicos especializados.
- Combinar resultados procedentes de distintos programas de análisis especializados, identificando eventuales contradicciones y elaborando síntesis conclusivas.
- Demostrar habilidades de rigor, responsabilidad y calidad en el trabajo científico y divulgativo.

- Diseñar proyectos de investigación sobre yacimientos y materiales arqueológicos de cronología prehistórica.
- Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- Que el alumnado posea las habilidades de aprendizaje que le permita continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- Que el alumnado sepa aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- Reconocer los retos actuales en el ámbito de estudio de la Arqueología prehistórica.
- Reconocer y utilizar los conceptos teóricos y metodológicos apropiados para el diseño, planificación y ejecución de proyectos sobre yacimientos y materiales arqueológicos de cronología prehistórica.
- Trabajar tanto de manera individual como en equipos de carácter interdisciplinar.

Resultados de aprendizaje

1. Aplicar críticamente las técnicas de investigación sobre materiales metálicos en Arqueología Prehistórica
2. Emplear el vocabulario técnico específico y de interpretación adecuado.
3. Emplear el vocabulario técnico específico y de interpretación asociado a la zooarqueología.
4. Evaluar críticamente la idoneidad de las diferentes herramientas instrumentales necesarias para la investigación en arqueobotánica.
5. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
6. Que el alumnado posea las habilidades de aprendizaje que le permita continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
7. Que el alumnado sepa aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
8. Reconocer los principales retos en el ámbito del estudio de los recursos metálicos de cronología prehistórica.
9. Reconocer y poner en práctica habilidades básicas para el trabajo en equipo.
10. Relacionar el trabajo de campo y el estudio de los materiales líticos de cronología prehistórica con las problemáticas de conocimiento histórico concretas que se pretenda resolver.
11. Relacionar los enfoques teóricos con el contexto histórico del que surgen y con los métodos de Investigación.

Contenido

1. Producción metalúrgica prehistórica. Aspectos generales, fases y útiles empleados
2. Planificación, objetivos y muestreo arqueometalúrgico
3. Técnicas de análisis I. Composición elemental y microestructura metalográfica
4. Técnicas de análisis II. Análisis de isótopos de plomo y traceología metálica
5. Caso práctico I. Estudio de escorias y áreas de abastecimiento de cobre en la metalurgia calcolítica del sudeste de la Península Ibérica
6. Caso práctico II. Arqueometalurgia del Disco de Nebra (Alemania)
7. Orfebrería y metalurgia de metales nobles
8. Siderurgia y trabajo del hierro

Metodología

Actividades dirigidas:

- Clases teóricas sobre aspectos teóricos y metodológicos de la asignatura
- Clases de discusión
- Seminarios con investigadoras de reconocido prestigio
- Prácticas con materiales

Actividades supervisadas:

- Tutorías y ejercicios pautados de aprendizaje

Actividades autónomas:

- Investigación, lectura de textos, redacción de trabajos, estudio

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de discusión y debate	3	0,12	1, 2, 8
Clases teóricas sobre aspectos teóricos y metodológicos de la asignatura	15	0,6	1, 2, 8, 9, 5
Prácticas con materiales arqueológicos	3	0,12	1, 2, 7, 5
Seminarios con investigadoras de reconocido prestigio	15	0,6	1, 2, 8, 9, 5
Tipo: Supervisadas			
Tutorías y ejercicios pautados de aprendizaje	25	1	1, 2, 7, 6
Tipo: Autónomas			
Investigación, lectura de textos, redacción de trabajos, estudio	89	3,56	1, 2, 7, 6, 8

Evaluación

- Ejercicios prácticos. Realizados con materiales arqueológicos y minerales metálicos.
- Entrega de ejercicios y casos de estudio. Ejercicios de poca extensión sobre aspectos concretos del temario.
- Trabajo de investigación. Trabajo final centrado en un aspecto concreto (metodológico o práctico) del temario.

Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Ejercicios prácticos	45%	0	0	1, 2, 7, 8
Entrega de ejercicios y casos de estudio	15%	0	0	1, 4, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11
Trabajo de investigación	40%	0	0	1, 2, 7, 6, 8, 9, 5

Bibliografía

Obras generales

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 Ruiz, 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* (2nd ed.). London: Maney, for the Institute of Materials.

Tema 1 y 2. Producción metalúrgica prehistórica / Planificación, objetivos y muestreo arqueometalúrgico

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. Composición elemental y microestructura metalográfica

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. Análisis de isótopos de plomo y traceología metálica

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. Metalurgia calcolítica del sudeste de la Península Ibérica

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. Arqueometalurgia del Disco 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 y metalurgia de metales 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^a 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 y trabajo del hierro

- Buchwald, V. F. 2005. *Iron and Steel in ancient times*. Copenhagen: Historisk-filosofiske Skrifter 29, Det Kongelige Danske Videnskabskabernes 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)

Software

No es necesario ningún programario específico.