

Arqueometría: Mirada histórica de una ciencia en desarrollo

Gilson Fernandes Vieira*

Luciene Jouan Dias Coelho**

Resumen

Este trabajo tiene como propuesta conceptualizar y localizar históricamente la arqueometría demostrando su importancia en los estudios científicos actuales. Así como evaluar su desarrollo en ese período y evidenciar su contribución para algunas de las ciencias que la utilizan como elemento útil de investigación.

Palabras-claves: Arqueometría. Técnicas de análisis. Estudio multidisciplinar.

Archaeometry: A historical look at a developing science.

Abstract

The purpose of this work is to conceptualize Archeometry and place it historically, demonstrating its relevance to current scientific studies. As well as to evaluate its development in this period and make evident its contribution to some of the sciences that uses Archeometry as an useful investigation tool.

Key-words: Archaeometry. Analysis techniques. Multidisciplinary study.

La arqueometría es una rama reciente de las ciencias aplicadas para su uso en las ciencias físicas, químicas y la información, en el diagnóstico de obras de arte de todas las épocas y estilos. Su objetivo central es ofrecer una información adecuada que sea de utilidad en la conservación y salvaguardia del patrimonio cultural como tal, por lo que constituye una disciplina de interés general en todos los países. (SCIUTI, 2002, p. 6). (1)

Los estudios arqueométricos constituyen un ámbito de investigación transdisciplinario en el cual convergen arqueólogos, geólogos, conservadores, físicos, químicos, biólogos e ingenieros, entre otros, con el fin de obtener, a través del uso de técnicas instrumentales, la máxima información tecnológica, cultural e

histórica acerca de los distintos materiales que componen el patrimonio arqueológico universal (WESTFALL, 2006, p. 755).

El término arqueometría está vinculado a la revista *Archaeometry*, fundada en 1958 por el *Research Laboratory for Archaeology and the History of Art* de la Universidad de Oxford (2) y su definición ha ido evolucionando con el tiempo en función de los contenidos de la misma. Así, entre otras definiciones citamos “mediciones realizadas en el material arqueológico” (RUIZ, I. G. et al, 2007, p. 24) y “Aplicación e interpretación de datos en ciencias naturales en los estudios arqueológicos e historia del arte” (OLIN, 1982, p. 42). Ambas fueron muy criticadas al considerarlas como vagas y no específicas. Sin embargo esta última definición, “Aplicación e interpretación de datos en ciencias naturales en los estudios arqueológicos e historia del arte”, en nuestra opinión es de especial relevancia porque incluye dos disciplinas diferentes en sus fines y métodos de trabajo como son la arqueología y la historia del arte. La línea que inicialmente siguió la revista *Archaeometry* se centra en la aplicación de los análisis físico-químicos, excluyendo así las disciplinas anteriores. Esto produjo una limitación del término con consecuencias tan visibles como la ausencia de investigaciones relacionadas con ellas en los Congresos Internacionales de Arqueometría, promovidos también desde Oxford a partir de los primeros años de la década de los 60. Estos hechos determinaron un predominio del uso del término Arqueometría asociado al análisis cuantitativo de los materiales y por tanto a su restricción conceptual en determinados ámbitos científicos. Por ello, los primeros libros sobre Arqueometría se centraron casi exclusivamente en el análisis físico-químico de los materiales.

Paralelamente, el empleo de otros términos como “*Ciencia Arqueológica*” o “*Ciencia basada en Arqueología*” más generales y por tanto más abiertos a las ciencias naturales, contribuyó a la restricción del uso del término Arqueometría. La aparición del *Journal of Archaeological Science* en 1974 es reflejo de esa tendencia. Así, en el estudio bibliográfico realizado sobre los primeros 9 años de esta revista se indicaba que a los temas biológicos, principalmente zoológicos y botánicos, se dedicaban algo más del 50 % de los artículos publicados, mientras que el análisis de materiales no llegaba al 17 %.

Según Leute (1987), la elección del término Arqueometría frente a Ciencia en Arqueología en el título de su libro es por centrarse sus contenidos preferentemente en los métodos físicos de análisis.

Por otra parte, los contenidos que se engloban en el término Arqueometría han evolucionado también en los últimos años, de este modo los Congresos Internacionales de Arqueometría han abierto sus puertas a la sección de biomateriales desde el celebrado en 1996 en Urbana (Illinois, EEUU), aunque con un predominio de análisis de ADN, de isótopos estables o identificación de residuos como resinas o productos alimenticios frente a trabajos polínicos, antraecológicos o arqueozoológicos en su vertiente paleoambiental (RUIZ, I. G. et al, 2007, p. 25).

En el caso de España, los Congresos de Arqueometría también han experimentado estos cambios desde el primer Congreso celebrado en Granada en 1995, hasta el octavo celebrado en Teruel en 2009 (3). Como se puede observar en el siguiente gráfico (Figura 1).

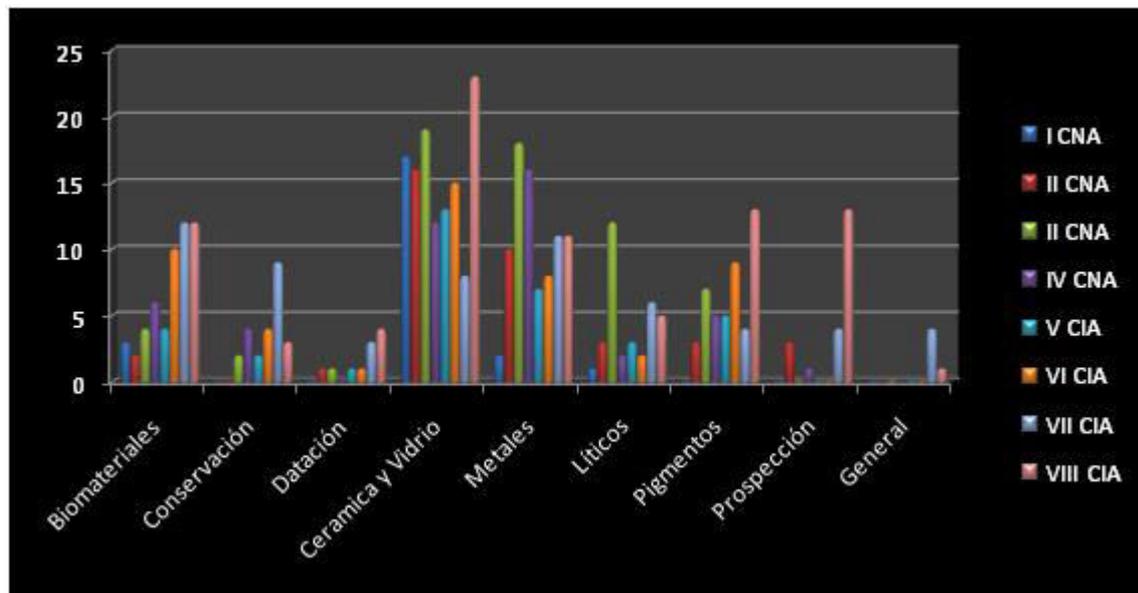


Figura 1 – Contenidos de los congresos en España

Así mismo en la siguiente tabla (Figura 2) se muestra el número de comunicaciones presentadas en los respectivos congresos:

Congresos	Nº de trabajos
I CNA	23
II CNA	39
III CNA	64
IV CNA	46
V CIA	35
VI CIA	49
VII CIA	61
VIII CIA	85

Figura 2 - Número de comunicaciones presentadas en los congresos españoles.

Los campos de actuación de la Arqueometría, en general, son:

1. Datación;
2. Análisis físico-químicos de materiales, incluyendo tecnología, origen y uso de los mismos;
3. Estudios paleoambientales;
4. Prospección geofísica y teledetección espacial y
5. Métodos matemáticos y estadísticos.

Aunque este último campo fue cuestionado por numerosos científicos debido a que reflejaba únicamente el incremento de la cuantificación en arqueología y podría no ser considerado como aplicación arqueométrica específica. Sin embargo, el desarrollo de la informática en la segunda mitad de los años 80 y principios de los 90 del siglo pasado produjo un gran impulso en este campo de investigación, lo que le ha permitido, desde entonces, su presentación como sección separada en los Congresos Internacionales de Arqueometría. En la actualidad las aplicaciones estadísticas e informáticas están integradas como valiosas herramientas para el análisis e interpretación de los datos obtenidos en los otros campos de estudio. Recientemente se ha propuesto un sexto campo relacionado con la conservación del material, que por su interés práctico, cada vez tiene más peso en la orientación de parte de las investigaciones actuales.

Antecedentes de la Arqueometría

La aplicación de las diferentes técnicas analíticas al estudio de materiales de contexto arqueológico y/o artístico ha sido documentada desde el siglo 18. Algunos

autores han indicado que el desarrollo de nuevas técnicas de análisis ha tenido una rápida aplicación en las áreas de la arqueología y el arte. Y esta afirmación es especialmente cierta en el campo de la datación. Sus antecedentes se remontan a las aportaciones de la geología al análisis de materiales arqueológicos desde 1720, con el estudio microscópico de un fragmento de roca de Stonehenge, realizado por el doctor Halley. Así mismo la microscopía también fue empleada a fines del siglo 19 para confirmar el origen local en Grecia de mármoles y cerámicas de Santorini. En México, en 1892 Ordóñez ya estudiaba obsidiana prehispánica con el uso de la microscopía. Los primeros estudios petrográficos sistemáticos fueron realizados por Shepard en 1936, logrando la caracterización de cerámica de la región de Pecos en México. Simultáneamente con estas aportaciones en el estudio de piezas arqueológicas, se lleva a cabo un importante desarrollo en los campos de la física y la química desde finales del siglo 19, con el descubrimiento de los rayos X (1895) y la radiactividad (1896), y hasta mediados del siglo 20 con el diseño de espectrómetros para medir fluorescencia y masas de los elementos químicos, entre otros tantos descubrimientos, que posibilitaron su aplicación desde finales de la década de los 50 en el campo de la arqueología (LARQUEOC, 2008).

Gran parte de los estudios analíticos anteriores al inicio del siglo 20 fueron realizados sobre metales, pero los hay también sobre cerámica, piedra, vidrio o ámbar. En el campo de la arqueobotánica existen diversos trabajos publicados a lo largo del siglo 19, como el realizado por Kunth en 1826 sobre semillas desecadas y frutas de las tumbas egipcias (RENFREW, 1973, p. 1). En el caso concreto de los análisis polínicos, aunque existen referencias anteriores, es a partir de 1916 cuando Lennart von Post realiza los primeros trabajos cuantitativos cambiando la metodología de estudio. Entre los trabajos más antiguos con fitolitos se suelen citar los de Netolitzky de 1900 y 1914 y Schellenberg de 1908, aunque el impacto real de estos estudios en la arqueología no se producirá hasta las décadas de los 70 y 80 del siglo 20 (PEARSALL, 1989, p. 328). Incluso el término arqueozoología puede retrotraerse al siglo 19, al ser empleado por Lubbock al referirse a los zoólogos Streenstrup y Rutimeyer que estudiaron fauna arqueológica (REITZ; WING, 1999), sin olvidar la estrecha relación que la arqueología tuvo en los orígenes con la geología y la paleontología.

Se puede establecer tres fases en el desarrollo de la arqueometalurgia, que pueden aplicarse a la arqueometría en general (PERNICKA, 1998):

- 1- Formativa (siglo XIX - 1930),
- 2- Desarrollo (1930-1970) y
- 3- Expansión (1970 - presente)

El punto clave de separación entre la fase formativa y de desarrollo es el incremento de las técnicas de medición instrumental a partir de la aplicación de la espectrometría de emisión óptica (OES). Anterior a ese momento, no obstante, se produjeron avances relevantes con sus correspondientes aplicaciones como la radiografía, o la fotografía aérea para prospección y registro.

A partir de la II Guerra Mundial, se desarrollaron nuevas técnicas de análisis que tendrán un gran protagonismo en la expansión de la Ciencia en general y por tanto en la arqueometría. Así Alan Walsh desarrolla la espectroscopía de absorción atómica (AAS) en 1955 y Harry Bowman y su equipo publican en 1966 los primeros análisis con Fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (EDXRF). En el campo de la datación los principios del arqueomagnetismo se presentan en 1936, la datación por flúor en la década de los 40, el carbono 14 (C14) a fines de esta misma década y los principios de la termoluminiscencia en 1953, aunque su uso generalizado en arqueología no será hasta los años 70. También tras la II Guerra Mundial los métodos de prospección geofísica experimentan un gran avance con la aparición de equipos de resistividad y electromagnetismo (TITE, 1972, 1991).

A partir de la década de los 70 se cuenta con una gran diversidad de técnicas multielementales y se produce el avance en el desarrollo de la instrumentación gracias al control digital y a la estandarización de las plataformas informáticas que los soportan, mayor precisión en los análisis, así como nuevo software y desarrollo de equipos portables. Como grandes avances pueden citarse para el campo de la datación por C14 la utilización desde 1984 de la espectrometría de masas con acelerador (AMS) que en vez de medir la desintegración de los isótopos, cuantifica

su número en una muestra, lo que permite utilizar muestras de reducido tamaño; el uso de la teledetección espacial y de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) para los estudios de prospección y paleoambiente, y en el campo de las ciencias biológicas el análisis de isótopos estables, y especialmente del ADN con el desarrollo en 1983 de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), que supuso una revolución en muchos campos de la biología y de la medicina. Todos ellos han incrementado las posibilidades de investigación del registro arqueológico.

Pero igual de importante que el avance técnico fue el desarrollo teórico en arqueología, ya que en la *Nueva Arqueología* el registro arqueológico empezó a valorarse de manera diferente y se potenció el desarrollo de los estudios arqueométricos gracias a los nuevos intereses de la investigación, como la distribución de materiales por comercio e intercambio, así como los estudios cuantitativos y paleoambientales. Un ejemplo claro de este cambio conceptual lo constituyen los estudios de petrografía cerámica. Iniciados en la década de los años 30 por Anna O. Shepard en EEUU, no tuvieron mayor desarrollo y valoración hasta fines de la década de los 60 (BISHOP; LANGE, 1991).

Otro cambio significativo en esta última etapa de expansión es el incremento de laboratorios que trabajan la línea de Arqueometría. Si en la fase formativa se trataba principalmente de estudios individuales realizados por personas con intereses particulares, pero no exclusivos en el tema, con la excepción de la creación del laboratorio en el Museo de Berlín en 1888, que desapareció al acabar la I Guerra Mundial, en la fase de desarrollo empiezan a crearse laboratorios estables y especializados en determinados países occidentales, principalmente vinculados a museos (GOODWAY, 1991, p. 706). Estos laboratorios plantean su trabajo como proyectos de caracterización a mayor escala, como los que se realizarán sobre la metalurgia prehistórica en Europa desde 1931. Entre ellos destaca la creación a fines de la década de los años 20 del laboratorio del Fine Arts Museum de Boston, del laboratorio del Louvre en 1931 y también, en ese mismo año, del laboratorio de investigación permanente en el British Museum, aunque desde 1920 existía un laboratorio temporal. A mediados de los años 30 se crea el laboratorio de etnobotánica dentro del Museo de Antropología de la Universidad de Michigan y en 1937 el laboratorio en el Instituto de Arqueología de la Universidad de Londres. Años

más tarde, en 1951, se crea el laboratorio de datación por dendrocronología y C14 del Museo Arqueológico de la Universidad de Pennsylvania (MASCA).

En la década de los 50 tiene lugar la primera reunión entre arqueólogos y químicos nucleares (4) en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton (2010) (New Jersey, EEUU), donde se plantean las posibilidades de los métodos nucleares en la resolución de problemas arqueológicos, en un intento de difundirlos a la comunidad científica norteamericana en una época de agitado debate sobre su aplicación a la industria armamentística (NEFF, 1992). La reunión trajo consigo el inicio de la aplicación de los análisis por activación neutrónica (NAA) a materiales como la cerámica y el vidrio en un primer momento, y después a monedas y pinturas entre otros. Este impulso a la investigación arqueométrica se puso en marcha desde el Brookhaven National Laboratory (BNL) de Nueva York con Edward Sayre a la cabeza (RUIZ, I. G. et al, 2007, p. 27)), al que pronto se le unió el Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) de la Universidad de California en San Francisco.

En el último periodo, a partir de la década de los 70, se generalizan en muchos países los estudios de Arqueometría, en parte con colaboraciones puntuales desde laboratorios de ciencias, pero sobre todo con proyectos de investigación estables. Podemos citar algunos ejemplos:

- AINSE (2010) (Australian Institute of Nuclear Science and Engineering)
- Royal Ontario Museum en Canadá.
- Laboratorio de Arqueometría Demokritos en Grecia.

Por otro lado, en la década de los 70 se fundan en algunos de estos países las primeras sociedades y asociaciones de Arqueometría, reflejo de la creciente actividad e interés por el estudio del material arqueológico y artístico. El Groupe des Méthodes Pluridisciplinaires Contribuant à l'Archéologie (GMPCA) celebra regularmente coloquios bianuales, habiendo sido el último el celebrado en la ciudad de Liège en 2010. La *Sociedad Griega de Arqueometría* también organiza congresos regulares, y el último de ellos, el V Congreso Nacional de Arqueometría griego, en

Atenas en el año 2008. Igualmente, la *Associazione Italiana di Archeometria* ha celebrado recientemente el IV Congreso Nacional italiano en Pavia en 2010. Tuvimos también la última edición de los Congresos Internacionales de Arqueometría (5) promovidos desde la Universidad de Oxford, la trigésimo octava, se ha celebrado en Tampa- Florida (EUA) en mayo de 2010. Un ejemplo de la buena salud de que goza la Arqueometría es que su difusión continúa actualmente en otros muchos países, como es el caso de Argentina que ha celebrado su Tercer Congreso de Arqueometría en septiembre de 2009 en la ciudad de Córdoba (6).

En España en la década de los 60 y principios de los 70 comienzan los trabajos del laboratorio de Arqueozoología del Departamento de Prehistoria de la Sociedad de Ciencias Aranzadi de la mano de Jesús Altuna. En 1977 inicia su andadura el laboratorio de palinología del Instituto Español de Prehistoria y en 1982 comienza el proyecto Arqueometalurgia de la Península Ibérica, gestionado inicialmente desde el Ministerio de Cultura en el Instituto de Conservación y Restauración de Obras Artísticas (ICROA), actualmente Instituto de Patrimonio Cultural Español (IPCE). El laboratorio de Arqueozoología de la Universidad Autónoma de Madrid se crea en 1984, aunque Arturo Morales, su director, inició sus investigaciones en la década anterior. Sin embargo, no será hasta 1997 cuando se cree en España la *Sociedad de Arqueometría Aplicada al Patrimonio Cultural* (SAPaC) que ya organizó el VIII Congreso Ibérico en Teruel, en finales de 2009.

En los países latinoamericanos la Arqueometría era hasta hace poco apenas un pequeño apartado donde se incluían tablas de valores cuantitativos facilitados por los laboratorios de física, química o mecánica, integrado con mayor o menor acierto en la discusión de ciertos aspectos de la vida de las sociedades pretéritas. El campo de aplicación estaba bastante limitado, apenas sobrepasaba la identificación de materias primas y fuentes de origen, dependiendo en gran medida de los ensayos e interpretaciones facilitados por los geólogos o químicos que trabajaban asociados a los equipos arqueológicos (VIDAL, 2007, p. 53).

Tal vez la primera aplicación arqueométrica efectuada en Chile tenga por autor Junius Bird en la década de los sesenta, al datar con C14 muestras de carbón obtenidas de la cueva Fell, en el Sur de Patagonia que está ubicada en la parte más

austral del Cono Sur de América (WESTFALL, 2006, p. 755). Desde entonces, han sido numerosas y diversas las experiencias en este campo, siendo probablemente la década de los 80, el periodo en el cual la arqueometría inicia una decidida consolidación, primero a través de los proyectos de investigación del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT, 2010) y luego, en la década de los 90, mediante los estudios del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

En México podemos mencionar los esfuerzos del Laboratorio de Arqueometría del Instituto de Física de la UNAM (IFUNAM) y el Laboratorio de Arqueometría de Occidente (LARQUEOC, 2008) que han realizado estudios de procedencia, tecnologías antiguas, uso de materiales y aspectos de deterioro y conservación de cerámicas, huesos, dientes, objetos metálicos, pinturas y manuscritos (GOGICHAISHVILI, 2008, p. 299).

En Brasil, según Carlos Roberto Appoloni (2007, p. 301):

Hasta el inicio de los años 90, empleando métodos de la física, estaba implementada únicamente el área de la datación arqueológica, en especial utilizando la técnica de termoluminiscencia. Pero en 1992, uno de los miembros del “Laboratorio de Física Nuclear Aplicada de la Universidade Estadual de Londrina (LFNA/UDEL)”, se involucró con las posibilidades de empleo de la tomografía en la arqueometría, así como la técnica de EDXRF (fluorescencia de rayos X por dispersión en energía) en el análisis de bronce antiguos. De esta forma, en vista de la potencialidad del área en el país, la riqueza de aplicaciones, así como el desafío científico y la belleza intrínseca de estos trabajos inter y multidisciplinares mezclando arte y ciencia, este mismo laboratorio introdujo, de manera pionera en 1994, la arqueometría y temas correlacionados entre sus líneas prioritarias de investigaciones. Su primera investigación consistió en el estudio de una selección de fragmentos de cerámica arqueológica de la colección del Museo Histórico de la UEL por EDXRF, RBS (Espectrometría de retrodispersión Rutherford) y GT (transmisión de rayos gamma).

Las investigaciones en Arqueometría

Con la intención de conocer algunas tendencias en la investigación realizada en Arqueometría hemos realizado un trabajo estadístico en las publicaciones de la revista *Archaeometry* (2010), teniendo en cuenta su seriedad y relevancia en ese campo. Nuestra labor se ha centrado sobre sus artículos publicados desde su

fundación en 1958, haciendo un total de 1905 artículos. Se ha tomado como límite cronológico el volumen 52, Número 4 – mes de agosto de 2010. Creemos que debido a la importancia de la revista podemos conseguir una visión bastante representativa y actualizada de las investigaciones acerca del tema. El número de publicaciones de Archaeometry, en los 52 años transcurridos, se ha ido incrementando con el paso del tiempo al mismo tiempo que lo ha hecho su amplitud temática, de acuerdo con el desarrollo de una investigación creciente. En cuanto a las referencias, fueron investigadas en la base de datos los resúmenes y artículos de estos periodos.

Los artículos han sido clasificados en siete grupos temáticos en función de sus objetivos generales (Figura 3). Son los siguientes:

- 1.- estudio de materiales arqueológicos,
- 2.- datación,
- 3.- análisis de sedimentos, suelos y geología,
- 4.- estadística, informática y análisis de imagen,
- 5.- trabajos descriptivos y de revisión,
- 6.- genética, y
- 7.- otros (considerados como más alejados dentro de los estudios de Arqueometría según nuestro punto de vista).

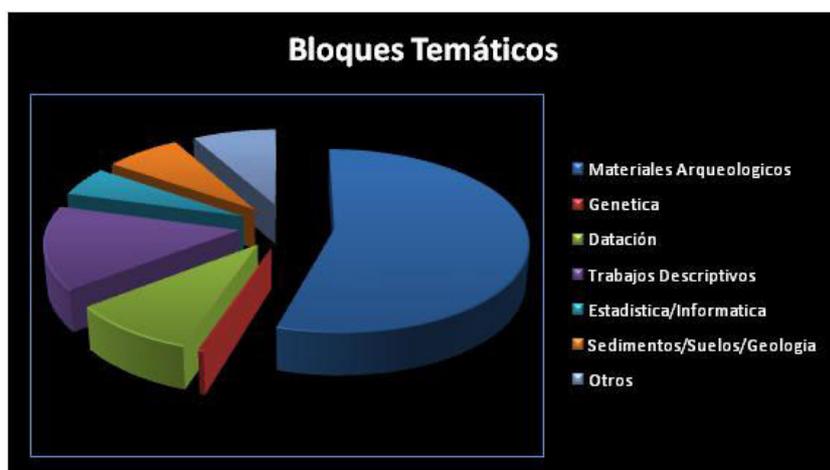


Figura 3 – Grupos temáticos.

En la revisión realizada, se puede observar un predominio de estudios de materiales arqueológicos, con 794 de los trabajos publicados (41,7%). A continuación le sigue en interés los trabajos descriptivos (7), con 215 (11,2%); datación, con 136 (7,1%);

otros, con 117 (6,1%); sedimentos/suelos/geología, con 106 (5,5%); estadística e informática, con 77 (4%) y finalmente genética, con 6 (0,3%).

La cerámica como elemento identificador de los agrupamientos culturales y sus comportamientos posee especial relevancia dentro de los estudios de materiales (Figura 4). Así las cerámicas representan el 28,1% de los trabajos; los metales (15,1%); líticos (13,6%); suelos y segmentos (13,2%); otros (9,8%); pigmentos (7,3%); vidrio (7%) y hueso (5,5%).

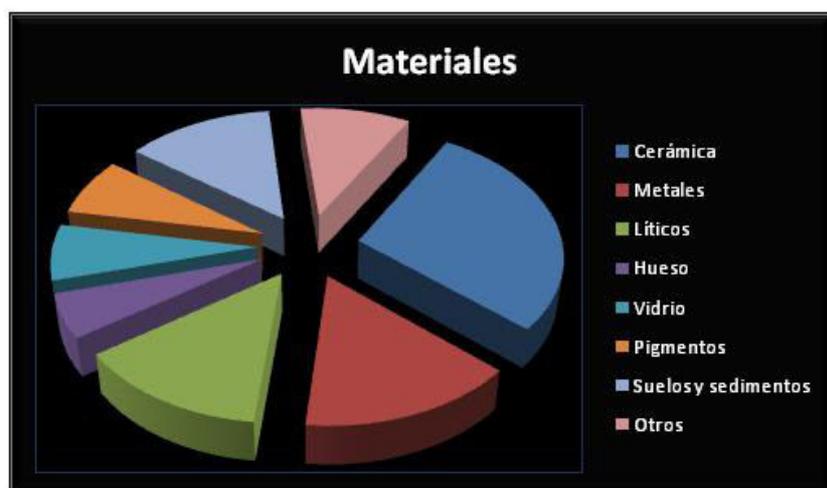


Figura 4 – Materiales estudiados.

En relación a las técnicas utilizadas, basamos la clasificación en los datos del curso “Técnicas de Rayos X, Pirólise e SEM aplicadas ao estudo dos Bens Culturais Materiais”, de la “Unidade de Arqueometría de la Escola Superior de Conservación e Restauración de Bens Culturais de Galicia (2010) - Universidad de Santiago de Compostela”. Según este estudio las técnicas se clasifican en: Análisis de Elementos Químicos; Análisis de Compuestos y Minerales; Análisis Morfológico y Otros Análisis, donde se subdivide en análisis orgánicos; Datación; Métodos de Separación; Exploración Mineral de Alta Sensibilidad y Búsqueda de yacimientos; Análisis de Color y diversos.

En los Análisis de Elementos Químicos (Figura 5) podemos observar la predominancia de la técnica de análisis por activación neutrónica (NAA) con 25,3%; fluorescencia de rayos X (XRF) con 24,1%; espectrometría de masas (MS) (8) con 17,9%; espectrometría de emisión óptica (9) (OES) con 10%; espectrometría de masas con aceleradores (AMS) con 1,5%; espectrometría de absorción atómica

(AAS) con 5%; emisión de rayos X inducida por partículas de protones (PIXE) con 3,8%; microsonda electrónica (EPMA) con 3%; espectrometría de rayos gamma (GRS) con 2%; emisión de rayos gamma inducida por partículas (PIGE) con 0,5%; catodoluminiscencia (CL) con 0,5%; espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS) con 0,1%; microanálisis de rayos X (MRX) con 0,1%; rayos beta (RB) con 0,1% y dispersión de neutrones (DN) con 0,1%.

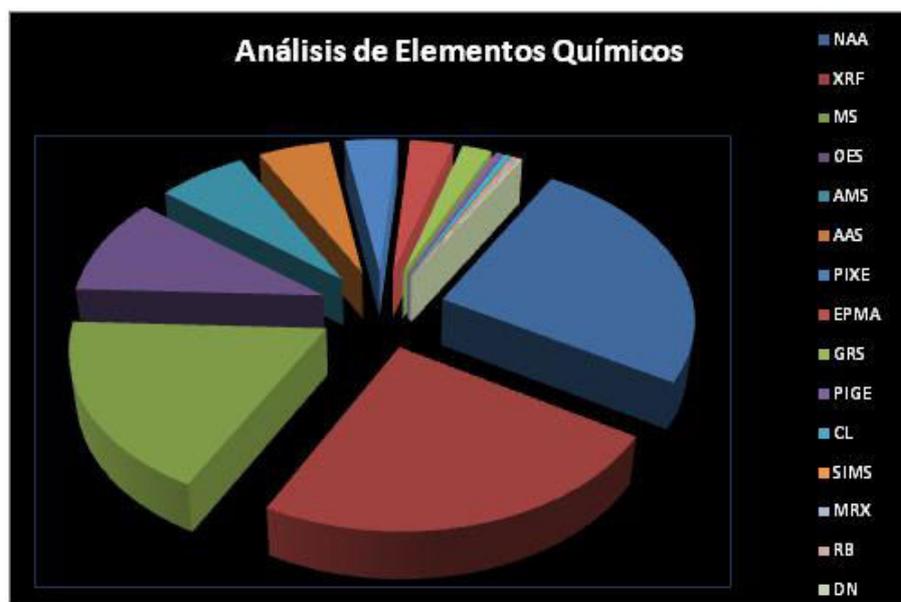


Figura 5 – Análisis de elementos químicos.

En los Análisis de Compuestos y Minerales (Figura 6) se observa el uso mayoritario de la difracción de rayos X (XRD) con 59% en relación a las otras técnicas. Seguidamente tenemos espectrometría de infrarrojos transformada de Fourier (FTIR) con 15,7%; espectrometría de Mossbauer (EM) con 9,9%; espectrometría Raman (FT – RAMAN) con 9,3%; análisis térmico diferencial (DTA) con 2,9%; espectrometría de fotoelectrones emitidos por rayos X (XPS) con 2,3%; microscopia Raman (MR) y tomografía de infrarrojos (IRT) con 0,5%.

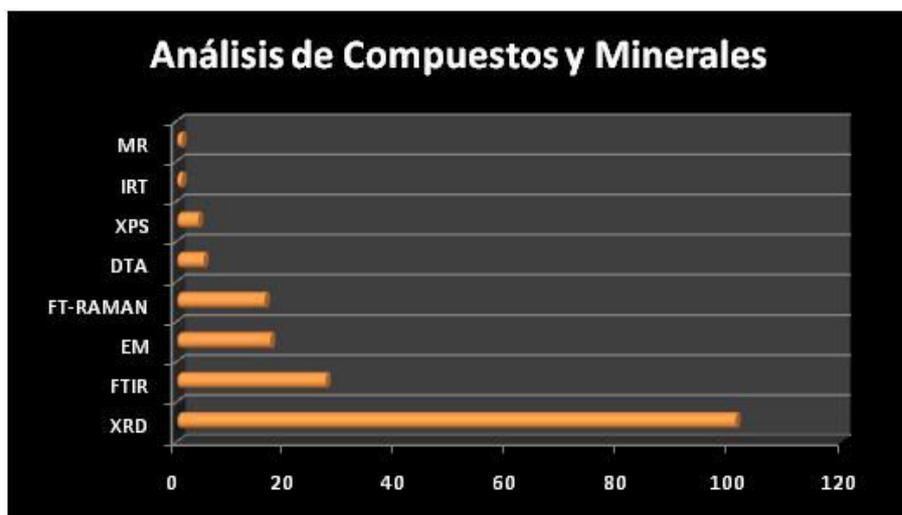


Figura 6 – Análisis de componentes y minerales.

En los Análisis Morfológicos (Figura 7) observamos el uso mayoritario de la microscopía electrónica de barrido (10) (SEM) con 60% y la microscopía óptica (MO) con 32,6%. Después tenemos la microscopía electrónica de transmisión (TEM) con 2,8%; lámina delgada (LD) con 2,4%; tomografía de neutrones (TN) con 0,8%; tomografía de coherencia óptica (OCT) y granulometría (Gr) con 0,4%.

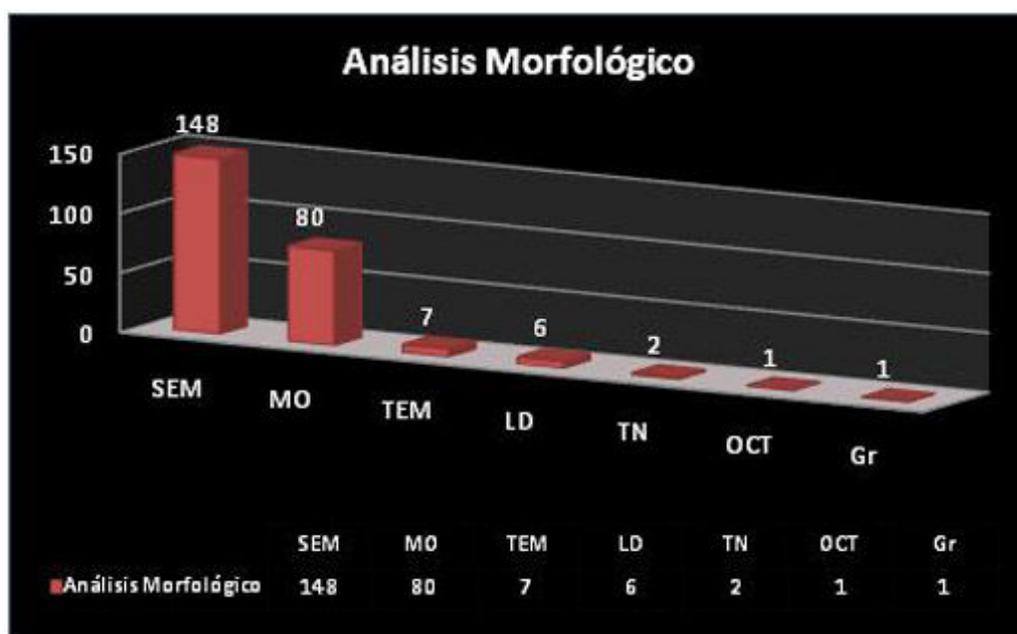


Figura 7 – Análisis morfológico.

En el grupo de los considerados “Otros” (Figura 8) observamos que entre los análisis de datación prevalece el uso de la termoluminiscencia (TM o TL) con 31,8% y el carbono 14 (C14) con 17%. A continuación destacan los análisis de exploración mineral de alta sensibilidad y búsqueda de yacimiento con 17,6% de magnetómetro de protones (MP); 7% de prospección magnética; 0,9% de prospección térmica;

0,6% de gradiómetro de protones y 0,3% de prospección electromagnética (TDEM y FDEM). Los métodos de separación representan el 13% del total, 11,2% la cromatografía de gases (GC); 0,9% la cromatografía de capa fina (TLC); 0,6% la cromatografía de líquidos y 0,3% la de gases y líquidos. Los análisis orgánicos por resonancia de espín electrónica (ESR) el 5% y resonancia magnética nuclear el 4,8%. Finalmente tenemos los análisis diversos con 0,9% de sincrotrón (SI) y los análisis de color con 0,3% de método colorimétrico (FE).

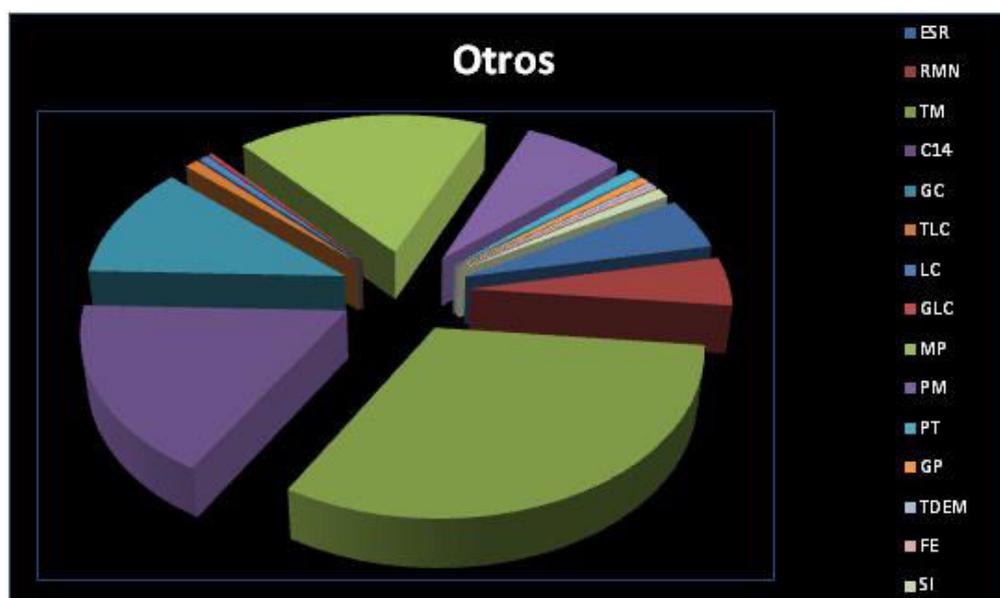


Figura 8 –
Otros análisis.

En el gráfico siguiente (Figura 9) puede observarse la distribución de las publicaciones según los diferentes continentes. Destaca un mayor número de estudios en Europa con 65,9% de los artículos publicados, seguida de América con 23,6%; Asia (6,1%); Oceanía (2,7%) y África (0,15%).

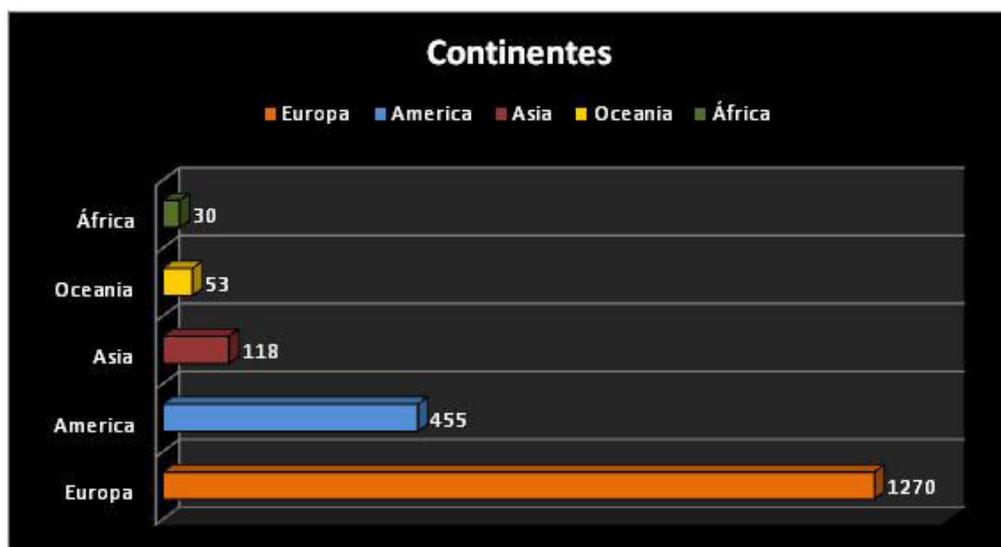


Figura 9 - Distribución de las publicaciones en los continentes.

Europa

En ese caso, de un total de 1270 artículos, la mayoría de los trabajos publicados, cerca de 614 (48,7%), corresponden al Reino Unido. Nuestra opinión es que en este país tiene el origen de la revista *Archaeometry*, así como ocurrió una pequeña contribución de trabajos extranjeros en los primeros años de existencia de la misma. Sin embargo, otros países que ya disponían de asociaciones, laboratorios e investigación arqueométrica consolidados, rápidamente aumentaron sus colaboraciones aportando en sus publicaciones las técnicas y avances más novedosos en cada caso. Así destacan en orden decreciente los trabajos de: Italia 151 (11,8%), Francia 106 (8,3%), Alemania 93 (7,3%), Grecia 51 (4%), España 51 (4%), Suiza 48 (3,7%), Bélgica 22 (1,7%), Países Bajos 21 (1%), Dinamarca 18 (0,9%), Rusia 11 (0,5%), Suecia 10 (0,5%), Austria 10 (0,5%), Noruega 09 (0,4%), Bulgaria 08 (0,4%), Turquía 07 (0,3%), República Checa 06 (0,3%), Polonia 05 (0,2%), Irlanda 04 (0,2%), Portugal 04 (0,2%), Hungría 04 (0,2%), Chipre 04 (0,2%), Finlandia 03 (0,1%), Yugoslavia 03 (0,1%), Rumania 02 (0,1%), Eslovenia 02 (0,1%), Croacia 02 (0,1%) y Estonia 01 (0,05%).

América

En los países de América, con 454 artículos, observamos el liderazgo de los Estados Unidos impulsados sin duda por la gran inversión en investigaciones en todas las áreas. Este país, con el 367 (80%) del total, muestra en las publicaciones de la revista *Archaeometry* una cantidad significativa de trabajos realizados en

colaboración con países europeos y por asociaciones de centros investigadores propios. En América del Sur y Central observamos que la investigación en Arqueometría empezó con cierta timidez y se viene desarrollando poco a poco, sobre todo con los intercambios hechos en sus ya consolidados congresos. Por orden decreciente de publicaciones por países, sin tener en cuenta los EEUU, tenemos: Canadá 64 (14%), México 08 (1,7%), Brasil 04 (0,8%), Argentina 04 (0,8%), Perú 03 (0,6%) y Chile; Venezuela; Honduras y República Dominicana con 01 (0,2%).

África

En los países africanos observamos trabajos de inicio fruto de convenios entre instituciones europeas y africanas. Estos convenios son en su mayoría realizados con Reino Unido y Francia, quizá por las influencias aún de los contactos y lazos de las antiguas colonizaciones. Pero también observamos que, en corto espacio de tiempo, se están desarrollando iniciativas de Universidades africanas y centros de investigación con el propósito de producir material de investigación propio. Con un total de 30 artículos y por orden de mayor a menor destacan los siguientes países: Sudáfrica 11 (36%), Nigeria 07 (23%), Egipto 04 (13%), Kenia 03 (10%), Túnez 03 (10%), Liberia y Marruecos con 01 (3%) cada uno.

Oceanía

Australia es el país que tiene mayor número de publicaciones en su continente con el 46 (86,7%) del total. Conseguido todo ello tanto por su desarrollo propio como por el impulso que ha supuesto la colaboración con diferentes asociaciones internacionales a través de intercambio de técnicos e investigadores. Nueva Zelanda viene a continuación en el campo de la investigación en arqueometría con el 07 (13,3%) de las publicaciones.

Asia

En Asia se ha producido un buen desarrollo en el campo de los estudios de la arqueometría con 118 artículos publicados. Hecho propiciado por los estímulos llevados a cabo por instituciones internacionales, mediante intercambios entre centros de investigación e inversiones financieras en el área. Estos países también en la medida que iban desarrollando sus condiciones generales, destinaban cada

vez más incentivos a las áreas de investigación y, con todo ello, la arqueometría continuó su avance. Tenemos el siguiente orden: Israel 26 (22%), China 24 (20%), Japón 17 (14%), Rusia 11 (9,3%), India 07 (6%), Turquía 07 (6%), Corea 06 (5%), Singapur 04 (3,3%), Chipre 04 (3,3%), Jordania 03 (3,2%), Taiwán 03 (3,2%), Pakistán 02 (1,6%), Irán 02 (1,6%), Vietnam y Camboya con 01 (0,8%) cada uno. Los países como Rusia, Turquía y Chipre contribuyen también al incremento de la estadística de Europa por su pertenencia geográfica a los dos continentes.

Arqueometría y sus aplicaciones

Como objeto de estudio a ser utilizado por esta ciencia y que pueda reafirmar su importancia en los procesos investigativos actuales podemos utilizar todo y cualquier material que pueda aportar informaciones de interés para determinado grupo. En nuestro caso serán los materiales constructivos y las cerámicas los argumentos utilizados para justificar esa labor científica.

Los Materiales Constructivos

[...] podemos especular sobre los primeros usos de la arcilla tales como las marcas de identificación tribal, o como material de construcción o refuerzo de las cabañas; ninguno de estos ha sido endurecido por el fuego. (COOPER, 1999, p. 13).

Los materiales duraderos elaborados o manipulados por el hombre constituyen una importantísima fuente de información, en ocasiones, única sobre la época o periodo en que se elaboran. Dentro de este contexto, los materiales constructivos han permitido a arqueólogos e historiadores la obtención de datos de enorme transcendencia en sus investigaciones. Los materiales constructivos como morteros, muros y las técnicas de construcción diversas son productos genuinamente representativos de la inventiva del ser humano, y de la evolución del nivel de sus conocimientos científicos y técnicos. Estos constituyen un claro ejemplo de aprovechamiento de los recursos más accesibles o disponibles con el objetivo de resolver determinados problemas de índole constructiva (GORDILLO, 2005, p. 173).

La investigación arqueométrica de dichos materiales abarca, además de otras vertientes de estudios, las similitudes y diferencias entre los espacios construidos, su ubicación en el entorno, su uso y las prácticas desarrolladas en cada uno. Con eso, vemos que es importante el estudio minucioso de los elementos constructivos con intención de identificar los rasgos materiales culturales, como la arquitectura, sus trazos, composición y sistemas constructivos o bien mediante los vestigios asociados como la cerámica, la piedra tallada o pulida y los restos óseos (CÁRDENAS GARCIA, 2008, p. 5).

Al igual que los demás objetos arqueológicos, los restos constructivos presentan distintos planos de expresión o características intrínsecas (CASTRO, 1999; RIVERA GROENNOU, 2007). Ellos nos proporcionan información tanto en lo relacionado con su estado en la naturaleza como del proceso de extracción, explotación y alteración por parte de los grupos humanos para su posterior utilización en el crecimiento de sus poblados. Así podemos establecer las siguientes formas de expresión:

- *artefacto*, atendiendo a la dimensión como materia transformada artificialmente en bien mueble o inmueble;
- *arteuso*, refiriéndose a su dimensión de recurso natural apropiado o rechazado en el ámbito del consumo o producción tanto de alimentos como de artefactos;
- *circundato*, da información del mundo físico (litosfera/biosfera) contenido en la materia prima utilizada para la producción del objeto arqueológico.

Entendemos como expresión *artefactual* los restos constructivos en los que la materia prima fue transformada y empleada en la construcción de las diferentes estructuras que conformarían los espacios sociales desarrollados por el grupo humano como viviendas, fortificación del poblado, el campo funerario, etc. Sin olvidar de que existe una importante cantidad de sociedades humanas que utilizaron una gran diversidad de materias primas para la construcción, razón por la cual “artefacto” se debe considerar al conjunto de las materias primas convertidas en muros, techos, pavimentos, bancos, escaleras y otros.

Teniendo en cuenta el plano de expresión como *arteyso*, los materiales constructivos responden a aquellos recursos naturales apropiados destinados a ser transformados por los grupos sociales para su utilización. Por tanto, este nivel de expresión abarca a los depósitos sedimentarios, afloramientos rocosos y arboledas que los sujetos sociales entendieron adecuados y necesarios para la fabricación de todos los elementos. Los morteros, mampuestos, postes y vigas, que a su vez, constituirían la materia prima que posteriormente se emplearía en la construcción de los espacios sociales anteriormente mencionados.

La tendencia natural de los albañiles es la de extraer la materia prima en las proximidades de su entorno físico o natural. También ha quedado patente que la experiencia adquirida acumulada a través del tiempo, les permitió el reconocimiento de las áreas de su entorno medioambiental como fuente de las materias primas idóneas para la producción de cada uno de los tipos de materiales requeridos y en su forma de emplearlos.

Por estas razones, los restos constructivos pueden y deben informar sobre el estado del mundo físico y medioambiental en donde los diferentes grupos sociales se desenvuelven.

Las Cerámicas

La aplicación de técnicas científicas a la caracterización de materiales ha llegado a convertirse en un elemento fundamental en la investigación arqueológica (RUIZ, T. C. et al, 2006, p. 9). Y el análisis de la cerámica se ha beneficiado del desarrollo o aplicación de técnicas químicas, físicas y mineralógicas que han sobrepasado ampliamente los límites de la información que se obtenía tradicionalmente de los artefactos cerámicos mediante su descripción macroscópico-morfológica (la conocida *tipología*), proporcionando así una buena base de datos de los que obtener una valiosa comprensión de las sociedades del Pasado. En España, el caso de la arqueometría de materiales cerámicos, la producción científica ha crecido de forma vigorosa, con la paulatina incorporación y fijación de lo que podríamos considerar un marco metodológico de estudio estandarizado.

La cerámicas arqueológicas presentan características que las hacen pervivas desde el momento en que se fabricaron hasta el momento en que las recoge el arqueólogo, constituyendo uno de los materiales artificiales de mayor pervivencia en el tiempo, lo que les confiere un enorme interés a la hora de realizar su estudio. Por tanto, la presencia de cerámicas es un hecho común y continuado desde el neolítico hasta la actualidad, lo que permite utilizarla como trazador de la evolución tecnológica y cultural; para reconstruir patrones de organización económica y social; los avances tecnológicos, así como para poner de manifiesto pautas o trazas de intercambios cultural y comercial (ORTEGA, 2005, p. 365).

Consideraciones finales

Observamos que a partir de los años 90 se inició en la arqueometría un profundo debate, que comienza en el mundo académico inglés y se fue extendiendo al resto del mundo (TITE, 2002). En el Reino Unido, como cuna de esta ciencia, la arqueometría centró su interés en la aplicación de las diferentes tecnologías para el conocimiento de los lugares de producción y de posterior distribución de los objetos de arte. Se estudia pues la producción de cerámica, las primeras etapas de la producción de vidrio en Mesopotamia y Egipto, y el comercio de lingotes de cobre a través del Mediterráneo en la Edad del Bronce. Posteriormente, se desarrolla el incipiente campo de la arqueología biomolecular, que a través del análisis de residuos orgánicos en la cerámica, de medidas de isótopos estables en los huesos humanos y el análisis de muestras de ADN antiguo y moderno de la población, aporta información para ayudar a entender los problemas de la evolución humana y la migración. En ese periodo los autores abordan los problemas arqueométricos aún sin resolver y es necesario un diálogo continuo entre los arqueólogos y la arqueometría, que se encuentra en ese periodo ralentizado por la gran aceptación que tiene esa ciencia por otras áreas. Y también quizá por ser esa ciencia un factor de interés para otras áreas que en algunas veces la designan como una de sus ramas.

El hecho es que el arqueometrista (11) se convierte en figura esencial en todas las etapas de los estudios arqueométricos. Así, los debates pluridisciplinarios son necesarios antes, durante y después de la realización de una excavación o investigación en el campo del arte. Siendo igual en la fase de interpretación de los

resultados. Tuvo lugar una aparente discordia entre la Arqueología y la recién creada Arqueometría acrecentada por la pequeña pugna sobre la jerarquía con las áreas de conocimiento de los diferentes autores de artículos. Esa postura está en contra de la idea actual de multidisciplinaridad que debe presidir hoy el carácter de cualquier investigación aplicada.

Los factores esenciales que garantizan respuestas adecuadas a las cuestiones arqueológicas es el empleo de un enfoque integral y un diálogo sostenido entre arqueometristas y arqueólogos. Este diálogo necesario se logra mejor mediante la ubicación de arqueometristas dentro de los departamentos de Arqueología, así como la plena participación de arqueometristas en la excavación arqueológica. De esta manera los arqueometristas pueden participar, en igualdad de condiciones, en todas las etapas de un proyecto desde la formulación del problema y diseño de la investigación, a la interpretación de los datos y la publicación final. (TITE, 2002). (12)

Así la arqueometría no puede considerarse una disciplina separada de la propia arqueología, sino que más bien constituye una pieza básica en estudio inter y multidisciplinar (HERAS, 2003). Por ello, la aplicación de instrumentación y técnicas analíticas procedentes de las llamadas ciencias experimentales, constituye un componente esencial en gran parte de la investigación científica que se lleva a cabo en la actualidad. Y muchos autores manifiestan, incluso, que en el futuro los mayores descubrimientos se harán en el laboratorio y no en el campo como había venido ocurriendo hasta ahora. Por esta razón, es importante que se considere a la arqueometría como una disciplina cada día más amplia.

Con todo eso nos damos cuenta que la arqueometría se torna poco a poco una ciencia esencial en los más diferentes estudios, desde las cerámicas y los materiales constructivos hasta los metales, los pigmentos, los materiales líticos y todos aquellos elementos que pueden servir como testigos de los actos inventivos, artísticos y tecnológicos del hombre.

Notas

(1) Archaeometry is a recent branch of applied sciences for use in the physical, chemical and information sciences, in the diagnosis of art works of all epochs and styles. The goal is to offer adequate information that will

prove useful in the conservation and safeguarding of the cultural patrimony. As such, it is therefore of primary interest to all countries...

(2) El Laboratorio de Investigación de Arqueología y la Historia del Arte en la Universidad de Oxford tiene en ese periodo investigaciones que van desde el desarrollo de magnetómetros de protones para la prospección geofísica en los sitios arqueológicos y la construcción de los primeros espectrómetros de fluorescencia de rayos X y las microsondas electrónicas para el análisis de piezas arqueológicas, a través de una amplia investigación sobre magnética y datación en termoluminiscencia; a la creación del primero acelerador de radiocarbono en pequeña escala dedicado casi en su totalidad a la datación de muestras arqueológicas.

(3) La relevancia de esa ciencia se reafirma con la realización del IX Congreso Ibérico de Arqueometría (CIA) que tendrá lugar en Lisboa – Portugal, en los días 26 a 28 de octubre de 2011. Será una reunión de investigadores que se dedican a los estudios arqueométricos y del patrimonio histórico, artístico y cultural de la península Ibérica. Su organización está a cargo del Grupo de Geoquímica Aplicada y Luminiscencia en el Patrimonio Cultural, teniendo como patrocinadora la Fundación Calouste Gulbenkian.

(4) El autor Hector Neff (1992) habla, entre otros asuntos, del encuentro sucedido en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton. Y sobre eso él informa que se trató de una reunión donde estaban arqueólogos y químicos nucleares, por ser un trabajo de interés de estos. Como aclaración de la cuestión conceptuaremos de manera breve el tema. La química nuclear es una rama de la química la cual estudia las reacciones de desintegración o transformación de los núcleos radioactivos. Y se dedica a los cambios naturales y artificiales en los núcleos de los átomos y a las reacciones químicas de las sustancias radiactivas. Mientras que la física nuclear, rama de la física, estudia las propiedades y el comportamiento de los núcleos atómicos.

(5) El Laboratorio de Investigación de Oxford también proporcionó el impulso inicial para el comienzo de simposios internacionales regulares de Arqueometría. En 1962, un curso de formación se organizó para los arqueólogos que habían comprado gradiómetros de protón del Laboratorio. Durante los años siguientes, reuniones regulares de estos usuarios de gradiómetros se celebraron en Oxford. Poco a poco el alcance de estas reuniones fueron ampliados para cubrir otros aspectos de la Arqueometría hasta que finalmente se convirtió en un anual Simposio Internacional sobre Arqueometría y después pasó a ser bienal.

(6) El IV Congreso Argentino de Arqueometría (IVCAA) se realizará en la Universidad Nacional de Luján, Provincia de Buenos Aires entre los días 8 y 11 de noviembre de 2011.

(7) Los trabajos descriptivos abarcan los textos orientativos de algunos de los autores de la revista *Archaeometry*, que se apoyan en fundamentos históricos y científicos para justificar sus investigaciones. En su mayoría no se presentan con datos estadísticos.

(8) Están incluidas las técnicas espectrometría de masas (ICP-MS) y espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (LA-ICP-MS).

- (9) Están incluidas las técnicas espectrometría de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) y espectrometría de emisión atómica acoplada inductivamente a plasma (ICP-AES).
- (10) La microscopia electrónica de barrido incluye SEM – EDS y SEM - WDS.
- (11) Término acuñado por el autor Michael S. Tite.
- (12) The factors essential for ensuring that real archaeological questions continue to be answered are the adoption of an holistic approach and a sustained dialogue between archaeometrists and archaeologists. This necessary dialogue is best achieved through the location of archaeometrists within archaeology departments, with the joint supervision of PhD students and the full participation of archaeometrists in archaeological excavation. In this way archaeometrists can be involved, as equal partners, in a project at every stage from formulation of the problem and research design, through collection of samples and scientific examination, to interpretation of the data and final publication.

Referencias bibliográficas

AINSE. (s.f.). Disponible en: <<http://www.ainse.edu.au/ainse.html>>. Acceso en: 17 marzo 2010.

APPOLONI, C. R. et al: Doze anos de atividades em arte e arqueometria no Laboratorio de Física Nuclear Aplicada da Universidade Estadual de Londrina. *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*, v. 1, n. 6, p. 301-304, 2007.

ARCHAEOOMETRY. (s.f.). Disponible en: <[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1475-4754/issues](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1475-4754/issues)>. Acceso en: 15 enero 2010.

BISHOP, R. L.; LANGE, F. W. (Eds.). *The ceramic legacy of Anna O. Shepard*. Niwot, Colo.: University Press of Colorado, 1991.

CÁRDENAS GARCIA, E. Método para el análisis espacial de sitios prehispánicos. Estudio de caso: el Bajío Palapa. *Revista de investigación científica en arquitectura*, México: Universidad de Colima, v. 3, n. 1, p. 5-16, enero/jun., 2008:

CASTRO, P. V. et al. *Proyecto Gatas 2. La dinámica arqueológica de la ocupación prehistórica*. Sevilla: Consejería de Cultura, 1999.

COOPER, E. *Historia de la cerámica*. Barcelona: CEAC, 1999. p. 13.

ESCOLA Superior de Conservación e Restauración de Bens Culturais de Galicia. (s.f.). Disponible en: <<http://www.educateca.com/centros/restauracion-galicia.asp>>. Acceso en: 10 mayo 2010.

FONDO Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. FONDECYT. (s.f.). Disponible en: <<http://www.fondecyt.cl/578/channel.html>>. Acceso en: 21 marzo 2010.

GOODWAY, M. Archaeometallurgy: evidence of a paradigm shift?. En: MATERIALS ISSUES IN ART AND ARCHAEOLOGY, 2., 1990, San Francisco. *Proceedings...* Pamela B. Vandiver, James Druzik, George Segal Wheeler (Eds.). Pittsburgh, Pa.: Materials Research Society, 1991. v. 185. p. 705-712.

GOGICHAISHVILI, Ayto. *Taller sobre perspectivas y futuro de la arqueometría mexicana*. *Geos*, v. 28, n. 2, p. 298-301, 2008.

GORDILLO, J. F. Morteros como elementos de estudio en arqueología-arqueometría medieval. En: GORDILLO, J. F. U (Ed.). *Arqueometría y arqueología medieval*. Granada: Departamento de Mineralogía y Petrología y Centro de Instrumentación Científica, Universidad de Granada, 2005. p. 171-192.

HERAS, M. G. *Malos tiempos para la lírica. ¿Hay todavía futuro para la arqueología científica en la universidad española?*. *Complutum*, n. 14, p. 7-18, 2003.

INSTITUTO de Estudios Avanzados de Princeton. (s.f.). Disponible en: <<http://www.princeton.edu/main/>>. Acceso en: 14 marzo 2010.

LABORATORIO de Arqueometría del Occidente (LARQUEOC). En: UGM, R. A. (Ed.). *Historia de la Arqueometría en México*, 2008. Disponible en: <<http://www.iim.umich.mx/IIMWeb/arqueometria/>>. Acceso en: 12 abr. 2010.

LEUTE, Ulrich. *Archaeometry: an introduction to physical methods in archaeology and the history of art*. New York: VCH Publishers, 1987.

NEFF, H. (Ed.). *Chemical characterization of ceramic pastes in archaeology*. Madison (Wisconsin): Prehistory Press, 1992. (Monographs in World Archaeology, 7).

OLIN J. S. (Ed.). *Future directions in archaeometry: a round table*. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press, 1982.

ORTEGA, L. A. et al. El estudio arqueométrico de las producciones cerámicas. *Munibe Antropología Arkeologia*, Homenaje a Jesús Altura, San Sebastián, n. 57, p. 365-388, 2005:

PEARSALL, D. M. *Paleoethnobotan: a handbook of procedures*. New York: Academic Press, 1989:

PERNICKA, E. Whiter metal analysis in archaeology?. En: MORDANT, C; PERNOT, M; RYCHNER, V. (Eds.): *L'atelier du bronzier en Europe du XX au VIII siècle avant notre ère*. Actes du colloque international Bronze, 1., 1996, Neuchâtel et Dijon. *Les analyses de composition du métal: leur apport à l'archéologie de l'âge du bronze*. Paris: CTHS, 1998. p. 259-267.

RENFREW, J. M. *Palaeoethnobotany: the prehistoric food plants of the Near East and Europe*. London: Methuen & Co. Ltd., 1973.

REITZ, E. J.; WING, E. S. *Zooarchaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

RIVERA GROENNOU, J. M. Aproximación a las formas constructivas en una comunidad de la Edad del Bronce: El Poblado Agárico de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaen). *Arqueología y Territorio*, n. 4, p. 5–21, 2007.

RUIZ, T. C. et al. La arqueometría de materiales cerámicos: una evaluación de experiencia Andaluza. *Trabajos de Prehistoria*, v. 63, n. 1, p. 9-35, enero/jun., 2006. ISSN 0082-5638.

RUIZ, I. G. et al. Arqueometría: cambios y tendencias actuales. *Trabajos de Prehistoria*, v. 64, n. 1, p. 23-40, enero/jun., 2007.

SCIUTI, S.; PLACENTINI, M.; CARRÁ, S. Foreword - Comitato Scientifico. En: CONVEGNO INTERNAZIONALE ARCHAEOLOGY IN EUROPE IN THE THIRD MILLENNIUM, 2001, Roma. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei, 2002. p. 6.

TITE, M. S. *Methods of physical examination in archaeology*. London: Seminar Press, 1972:

TITE, M. S. Archaeological Science – Past achievements and future prospects. *Archaeometry*, v. 33, n. 2, p. 139-151, 1991.

TITE, Michael S. Archaeometry: If it is not archaeology, then it is nothing in archaeometry. En: CONVEGNO INTERNAZIONALE ARCHAEOLOGY IN EUROPE IN THE THIRD MILLENNIUM, marzo 2001, Roma. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei, 2002. p. 33-47.

VIDAL, S. A. Desde la otra orilla: presencia de la arqueometría en Latinoamérica y su relación con España. En: CONGRESO IBERICO DE ARQUEOMETRÍA, 7., 2007, Madrid. Madrid: Universidad Complutense de Madrid/ Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (Argentina), 2007. p. 52-62. Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/18387/1/2008_VII%20CIA_ArmadaComendadorGarcia_La%20investigacion%20arqueometrica%20sobre%20la%20metalurgia%20de%20Galicia.pdf

WESTFALL, C. Arqueometría: actuales aportes de la geología, química, física y biología al estudio y conservación del patrimonio arqueológico. En: CONGRESO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA CHILENA, 17., 2006, Chile. *Actas...*Valdivia, Chile: Ediciones Kultrún, 2006. p. 755-788. Disponible en: www.scha.cl/congresoXVII.php

Créditos

*Artista Plástico pela Universidade Federal do Espírito Santo (2006), DEA/Master pela UGR/ES (2008) e doutorando do programa: Investigación en la Creación Artística: Teoría, Técnicas y Restauración pela Universidad de Granada – Espanha. Investigador pelo Departamento de Pintura / Departamento de Química Analítica da UGR/ES.

Email: gilson.noslig@gmail.com

** Artista Plástico pela Universidade Federal do Espírito Santo (2006), DEA/Master pela UGR/ES (2008) e doutoranda do programa: Investigación en la Creación Artística: Teoría, Técnicas y Restauración pela Universidad de Granada – Espanha. Investigadora pelo Departamento de Pintura / Departamento de Química Analítica da UGR/ES.

e-mail: lukajouan@gmail.com