

Arqueometalurgia de naufragios históricos en Argentina: estado de la cuestión y perspectivas futuras

Nicolás C. Ciarlo

Recibido 27 de junio 2013. Aceptado 31 de enero 2014

RESUMEN

La arqueología marítima histórica en Argentina se constituyó como especialidad a mediados de la década de 1990. Los estudios sobre piezas metálicas provenientes de naufragios (siglos XVII-XX) ocuparon años más tarde un espacio relevante dentro de este campo. A principios de 2000 comenzaron a implementarse métodos e instrumental de análisis para la caracterización físico-química de la evidencia recuperada. Estos trabajos permitieron obtener información novedosa para el estudio de cuestiones relativas a la producción de los artefactos, así como para la identificación y adscripción espacio-temporal aproximada de los sitios. No obstante, las investigaciones interdisciplinarias se encuentran todavía en una instancia prematura, en la que su potencial ha sido parcialmente explorado. En este trabajo se presenta un análisis de las investigaciones realizadas hasta la fecha y se exploran algunas ideas en torno a cómo podrían orientarse los futuros estudios, con el fin de alcanzar un conocimiento más profundo de los sitios de naufragio y la sociedad de la época.

Palabras clave: Arqueometalurgia; Arqueología marítima histórica; Naufragios; Interdisciplina; Teoría y metodología de la investigación.

ABSTRACT

ARCHAEOMETALLURGY OF HISTORICAL SHIPWRECKS IN ARGENTINA: STATE OF THE ART AND FUTURE PERSPECTIVES. Historical maritime archaeology was established as a scientific specialty in Argentina in the mid-1990s. Since then studies of metal artifacts from historic shipwrecks (17th to 20th century) have occupied a remarkable place within this field. In the early 2000s analytical methods and instrumentation for the physicochemical characterization of evidence recovered began to be implemented. These studies allowed new information to be obtained for the study of issues relating to the production of artifacts, as well as for the identification and spatial-temporal assignment of sites. Nonetheless, such interdisciplinary research is still at an early stage, its potential only partially explored. This study presents an analysis of the research carried out so far, and explores ideas on how future studies could be oriented in order to reach a deeper understanding of the shipwrecks and society of the period.

Keywords: Archaeometallurgy; Historical maritime archaeology; Shipwrecks; Interdiscipline; Research theory and methodology.

Nicolás C. Ciarlo. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Programa de Arqueología Subacuática (PROAS), Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (INAPL). Grupo de Arqueometalurgia (GAM), Laboratorio de Materiales, Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. 3 de Febrero 1370/78 (C1426BJN), Ciudad Autónoma de Buenos Aires. E-mail: nciarlo@fi.uba.ar

CUESTIONES INTRODUCTORIAS

Considerando la extensa trayectoria que caracteriza a la arqueología en el país, muchos de los estudios arqueométricos exhiben una existencia relativamente reciente, y han recibido especial atención durante las últimas dos décadas. En el caso de la arqueometalurgia, se puede apreciar una tendencia aproximada al panorama anterior. En particular, en la última década y media ha cobrado significativa importancia dentro de las investigaciones históricas y, entre estas, las dedicadas a sitios de naufragio. Ello está reflejado en el notorio incremento de trabajos plasmados en diversas reuniones y publicaciones científicas, así como en la creciente cantidad de investigadores –en particular del ámbito arqueológico– dedicados a la materia.

Dentro de este terreno, se han desarrollado numerosos análisis de caracterización de materiales provenientes de naufragios ocurridos entre los siglos XVII y XX, en su mayoría vinculados a la producción del Grupo de Arqueometalurgia de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires (de aquí en más, GAM). La revisión y exposición del estado de la cuestión de la especialidad permitirá reflexionar en torno a los criterios teórico-metodológicos utilizados, los temas abordados y los resultados obtenidos, en el contexto de un campo de estudio novedoso en el país. A partir de este panorama será posible delinear algunas ideas sobre respecto de cómo podrían orientarse las futuras investigaciones.

Las investigaciones en arqueología marítima histórica

La arqueología marítima histórica cubre un terreno que aún no ha sido definido por completo. Para fines prácticos se puede apuntar que se trata de la especialidad ocupada del estudio de las diversas actividades del ser humano en entornos acuáticos –entre las que se destaca la navegación marítima– así como las operaciones en tierra a ellas vinculadas, durante momentos históricos (en el caso particular de América, poscolombinos) (e.g., Muckelroy 1998; Flatman y Staniforth 2006).

Para el caso de las embarcaciones, usualmente se cuenta con una profusa cantidad de información histórica documental (e.g., escritos, planos y pinturas). Al respecto, resulta de suma importancia integrar los datos derivados de estas fuentes con aquellos obtenidos del análisis de la evidencia material (Martin 2001). Este autor invitó a considerar cada barco como: "... una sociedad encapsulada, un microcosmos tecnológico y una expresión de actividades [...] única para su época y contexto particular" (Martin 1997: 1, traducción del autor). En otras palabras, los barcos no navegaron en un vacío cultural, sino que han sido el

reflejo material de diversas dinámicas socioculturales (ver Lenihan 1983; Adams 2001). En abono de ello se considera a cada sitio como un sistema interrelacionado de artefactos, atravesado por un microcosmos de interacciones humanas.

Sobre la base de este acercamiento a cada caso, por extensión, en ocasiones es posible analizar determinados aspectos –sincrónicos y diacrónicos– sobre la vida del ser humano en el medio acuático y en otros ámbitos a este asociados, así como a cuestiones del contexto tecnológico, económico, político e ideológico contemporáneo. Así, los estudios enmarcados dentro de la arqueología marítima histórica han contribuido al conocimiento de muchos temas relativos a la sociedad occidental moderna, tales como las actividades militares, el comercio e intercambio, las diversas empresas extractivas y el colonialismo europeo (Flatman y Staniforth 2006).

Sin embargo, dentro de los esquemas explicativos sobre los hechos socioculturales antedichos –más allá de los náuticos– la evidencia material arqueológica fue utilizada en numerosos trabajos casi exclusivamente como complemento ilustrativo de los conocimientos históricos previos. Los estudios interdisciplinarios han permitido superar esta circunstancia, debido a la posibilidad de profundizar en diversos aspectos y de aportar información acerca de cuestiones para las que no se contaba con registros históricos.

En la Argentina, el desarrollo de la arqueología subacuática se sitúa hacia mediados de la década de 1990, momento en que se crean el Programa de Arqueología Subacuática (PROAS), del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (INAPL), y el Área de Arqueología Subacuática (actualmente Centro de Estudios en Arqueología Subacuática Argentina, CEASA), de la Escuela de Antropología de la Universidad Nacional de Rosario (UNR). Lo que distingue a las investigaciones de estos equipos frente a las actividades realizadas con anterioridad es que estarán caracterizadas por: 1) la participación de arqueólogos-buzos en la dirección de los proyectos y en las actividades emprendidas en los sitios; y 2) la estrecha vinculación con otras disciplinas y especialidades, que les ha conferido un carácter multi e interdisciplinario. Dentro de este ámbito, la mayoría de los proyectos estuvieron vinculados con sitios históricos, especialmente con restos de embarcaciones (Elkin 2007a, 2008, 2011; Ciarlo 2008).

Entre los sitios bajo estudio, los análisis realizados sobre los restos metálicos asociados merecen ser destacados. Desde hace casi una década muchos de estos trabajos exhiben una creciente orientación interdisciplinaria, lo cual ha permitido obtener información significativa con respecto a diversas líneas de investigación.

La arqueometalurgia: una ventana al conocimiento de los metales y su historia

La arqueología, como una disciplina social-humana, requiere de –y también se ve solicitada por– diversos campos del saber, en particular de ciertos conocimientos, métodos e instrumental de análisis específicos. Al respecto, el estudio de los restos materiales del pasado se ha beneficiado de los aportes brindados por disciplinas y especialidades de las denominadas ciencias naturales (físico-químicas y biológicas), exactas aplicadas y de otras ciencias sociales¹. La integración de estas diversas perspectivas de análisis ha permitido abordar ciertas temáticas desde distintos ángulos, ampliar y profundizar el conocimiento que se tenía acerca de ellas. Dentro de este contexto, se constituyó la arqueometría (Ehrenreich 1995).

Los trabajos de caracterización de materiales desarrollados en el país encierran un potencial que hasta hace pocos años había sido sólo parcialmente explorado. Dentro de los proyectos de investigación, en un principio, los estudios específicos adoptaron la forma de contratación de servicios a terceros, siguiendo una modalidad de investigación multidisciplinar. A diferencia de este escenario, un equipo interdisciplinario se conforma sobre la base de un mayor diálogo e integración entre los especialistas, se fundamenta pero trasciende la sola aquiescencia entre ellos². Actualmente, la situación parece estar signada por la coexistencia de ambas modalidades de investigación.

Dentro de la arqueometría se enmarca la especialidad conocida como arqueometalurgia. Esta se ocupa esencialmente del estudio de la metalurgia –tanto de los objetos y actividades directamente relacionados con la materia, como de aquellos no exclusivos a ella, y desde sus inicios hasta el pasado reciente– por intermedio del análisis de los materiales arqueológicos y de otras fuentes de evidencia vinculados a dicha cultura material (Bayley *et al.* 2001). En el contexto nacional, González (2004) destacó que no se dieron las condiciones para que llegara a conformarse una corriente de estudios sistemáticos en arqueometalurgia, a diferencia de otras partes del mundo, en las que este campo tiene una extensa trayectoria. Durante años, las investigaciones sobre metales fueron más bien ocasionales, y estuvieron focalizadas en estudios descriptivos (análisis morfológico-funcional de las piezas), a veces acompañadas de información sobre composición química. Tampoco hubo muchos intentos de profundizar en cuestiones técnicas, ni en relacionar los aspectos tecnológicos con el contexto sociohistórico. La situación cambió durante el último cuarto del siglo XX y tomó particular impulso desde la década de 1990, sobre todo a partir de los estudios realizados en sitios prehispánicos del Noroeste por aquel autor y su equipo.

Este cambio se enmarca dentro de una tendencia general con respecto a los estudios arqueométricos en el país. Desde los primeros años de la centuria se ha asistido a un importante crecimiento en torno a las investigaciones interdisciplinarias. Evidencia de ello son los congresos y jornadas principiados y celebrados periódicamente desde entonces: el *Congreso Argentino de Arqueometría* (desde 2005, cada bienio), las *Jornadas Nacionales para el Estudios de Bienes Culturales* (2007, 2009 y 2011) y las *Jornadas sobre avances en Técnicas Analíticas aplicadas al estudio de Materiales en Arte y Arqueología* (2008 y 2010). Estas reuniones estuvieron dedicadas a la presentación de trabajos encaminados en pos del conocimiento, conservación, gestión y valorización del patrimonio cultural arqueológico, así como también histórico y artístico. El impulso que recibieron las investigaciones en los últimos años sugiere la existencia de una retroalimentación positiva entre la tendencia general antes señalada y este tipo de encuentros, que ha redundado en un conocimiento más detallado y profundo de los aspectos analizados (Pifferetti y Bolmaro 2007; Palacios *et al.* 2009; Bertolino *et al.* 2010). Como se verá más adelante, las investigaciones de tipo interdisciplinario dentro de la arqueología marítima histórica no han quedado al margen de esta corriente.

En el caso de los sitios arqueológicos de período histórico, en la Argentina la especialidad tiene una trayectoria relativamente reciente. Sin embargo, durante los últimos quince años cada vez más personas han manifestado un hondo interés por integrar los estudios arqueometalúrgicos dentro de diversos proyectos de investigación. Existen algunos antecedentes relevantes con relación a la aplicación de métodos e instrumental de análisis para el estudio de objetos vinculados con el patrimonio cultural (acervo no arqueológico) y arqueológico de momentos históricos, especialmente con respecto al primero. Sin embargo, hasta los últimos años del siglo XX, estos estudios no se caracterizaron por estar dentro de proyectos de investigación arqueológicos. En general, los trabajos fueron motivados por especialistas provenientes, según su formación académica, de ámbitos que hasta entonces no habían estado formalmente involucrados con la investigación, conservación y divulgación del patrimonio en cuestión. A partir de entonces comenzaron a realizarse estudios que irían presentando una vinculación cada vez más estrecha entre los especialistas de las diversas áreas.

Dentro de este promisorio ámbito, en 2004 se estableció el GAM, bajo la dirección del Ing. Horacio De Rosa. El equipo, integrado por estudiantes y graduados en Arqueología, Ingeniería, y más tarde con la contribución de especialistas en Física y Química, ha mantenido desde entonces un fuerte énfasis en la integración de las diversas orientaciones. En líneas generales, sus principales objetivos consisten en: a)

estudiar artefactos metálicos provenientes de sitios arqueológicos ubicados en diferentes áreas del país; y b) desarrollar y aplicar técnicas de conservación, acordes con cada tipo de material y contexto de proveniencia. Usualmente, los trabajos han formado parte de proyectos de investigación en arqueología, en la mayoría de los casos dentro del marco de vínculos institucionales.

Las actividades llevadas a cabo regularmente por el Grupo, que hoy en día representan una cuantiosa producción, se focalizan en tres grandes áreas: arqueología marítima histórica, arqueología de sitios de frontera –fundamentalmente fortines y sitios de contacto cultural hispano-indígena– y campos de batalla; y arqueología urbana. Entre los aspectos estudiados, desde una perspectiva multi e interdisciplinaria, y sobre los que se obtuvieron resultados significativos, se pueden destacar los que siguen a continuación: a) composición y calidad de materias primas; b) procesos y técnicas de fabricación de artefactos; c) identificación de marcas y huellas de uso; d) cronología relativa y posible lugar de procedencia de los restos; e) análisis de procesos corrosivos y diagnóstico de las piezas; y f) aplicación de tratamientos de conservación. Estas cuestiones responden a objetivos particulares, fundamentalmente de orientación tecnológica, así como a las diferentes líneas de investigación planteadas por los equipos de arqueología vinculados al Grupo, en torno a las especialidades anteriores.

RECURSOS ANALÍTICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE METALES ARQUEOLÓGICOS

Actualmente existe una ingente cantidad de conocimientos, métodos e instrumental de análisis que se aplican en el campo de la caracterización, gracias a los adelantos disponibles en el ámbito de la metalurgia y a las disciplinas a esta asociadas, tales como la ingeniería, las ciencias físico-químicas y la ciencia de materiales. Mediante estos fue posible desarrollar y profundizar las investigaciones que involucran materiales metálicos provenientes de sitios arqueológicos, en particular de naufragios históricos. Así, los resultados obtenidos han permitido ampliar el abanico de posibilidades de conocimiento sobre diversas temáticas, que trascienden los estudios morfológico-funcionales tradicionales –propios de una primera instancia de análisis de las características formales de los objetos– y aportar información acerca de aspectos para los que el registro histórico previo era nulo o, si bien existente, muy general y escueto, e incluso contradictorio.

La aplicación de métodos, instrumental y conocimientos específicos para la caracterización metalúrgica

Entre los numerosos medios de caracterización de artefactos metálicos utilizados en el país y el exterior, en función de su relevancia, cabe destacar los siguientes: metalografía mediante microscopía óptica (LM), microscopía electrónica de barrido (SEM) y electrónica de transmisión (TEM); radiografía (XR); ensayo de dureza; espectrometría de rayos-X dispersiva en energía (EDXRS) y en longitud de onda (WDXRS); difracción de rayos-X (XRD); fluorescencia de rayos-X (XRF); espectroscopia de emisión óptica (OES); espectrometría de absorción atómica (AAS); espectrometría de masas (MS); determinación de isótopos estables de plomo; activación neutrónica (NAA); emisión de rayos-X inducida por protones (PIXE); y activación de protones (PAA) (Scott 1991; Whan 1998; Bayley *et al.* 2001; González 2004; Edwards y Vandenabeele 2012). A continuación se describen brevemente los medios de caracterización físico-química que han sido más utilizados en la Argentina para el estudio de artefactos metálicos de naufragios.

1) Metalografía: consiste en la observación de la microestructura de una pieza por medio de un microscopio óptico metalográfico (LM) o electrónico de barrido (SEM), con el fin de determinar el tipo y forma de los microconstituyentes del material (Figura 1). Las proporciones, formas, color y configuración en que estos se presentan están íntimamente relacionados con sus propiedades y son el reflejo indeleble de los procesos termomecánicos, corrosivos, etc., a los que estuvo sometido en el pasado (Scott 1991). Para realizar este tipo de análisis se requiere de una técnica de preparación previa de las muestras, que se puede resumir en los siguientes pasos: selección y extracción, montaje (en caso de ser necesario), esmerilados grueso y fino, pulido final –con el fin de lograr una superficie perfectamente plana y terminación especular– y, luego de un primer examen, ataque químico superficial, en función del tipo de material y de la información que se desee obtener. El objetivo de esta preparación última es el revelado de la estructura, la cual puede observarse mediante un microscopio óptico de luz reflejada dentro de un rango de magnificación entre ca. 50 y 1000x (Goodhew *et al.* 2004; Vander Voort 2004). Alternativamente, se puede pulir la superficie de la pieza y analizarla de forma directa, o bien realizar el estudio a partir de una réplica (en negativo) que se extrae de la superficie bajo análisis mediante técnicas especiales.

Con respecto a lo anterior, la microscopía electrónica de barrido permite ampliar la información suministrada por la microscopía óptica. Básicamente, el análisis de SEM consiste en hacer incidir un delgado haz de electrones sobre la muestra, focalizado de forma tal que realiza un barrido siguiendo una trayectoria de líneas paralelas. La interacción del haz incidente y la muestra genera varias formas de radiación, entre

ellas, tres fundamentales: los electrones secundarios, los electrones retrodispersados y rayos X (la utilidad de estos últimos es mencionada más abajo). Los primeros, de baja energía, son expulsados por parte de los átomos constituyentes de la muestra (los más cercanos a la superficie); en cambio, los segundos son electrones del haz incidente que han sido reflejados luego de colisionar con los átomos de la muestra. Con los electrones secundarios se obtiene una imagen de apariencia tridimensional de la muestra, con mayores aumentos y mayor profundidad de campo que aquella por microscopía óptica, mientras que una imagen originada por los electrones retrodispersados revela diferencias en la composición química por discrepancias de contraste (Flewitt y Wild 1994; Exner y Weinbruch 2004).

A partir del análisis metalográfico se puede obtener información sobre los siguientes aspectos: el proceso principal por medio del cual se produjo un objeto (al menos las últimas etapas); la temperatura a la que estuvo sometido durante o después de su manufactura; el tipo de aleación (en ciertos casos); así como la clase y extensión de corrosión, entre otros (Scott 1991; Summer Institute in Material Science and Material Culture 2003; Wayman 2004). De ahí la importancia que tiene este medio para el conocimiento de algunos aspectos de la metalurgia del pasado –y de las diversas prácticas socioculturales asociadas–, así como de los procesos de formación de los sitios.

2) Radiografía (XR): es un método de inspección de materiales que aprovecha la absorción diferencial

de energía –ya sea electromagnética, de muy baja longitud de ondas, o radiación de partículas– de las partes del artefacto a ser inspeccionado. Consiste en colocar el objeto entre una fuente de radiación y un medio receptor de imagen (film o placa, sensibles a la radiación), donde queda plasmada la fracción no absorbida por aquel. De este modo, es posible identificar diferencias de espesor, densidad o discontinuidades que se encuentran en el interior de la pieza, las cuales no pueden ser relevadas desde el exterior. Alternativamente, la radiografía con amplificador de imagen, o radioscopía, se distingue de la anterior en que la radiación es convertida en una señal óptica o electrónica que puede verse en tiempo real (ASM Handbook 1998: 628-629).

3) Dureza Vickers (HV): el ensayo de dureza constituye una herramienta muy útil para la evaluación de los materiales y el control de calidad. Los valores de dureza, de naturaleza empírica, pueden ser correlacionados con otras propiedades mecánicas, como ser la resistencia a la tracción, la ductilidad y la resistencia a la abrasión. Existen varios ensayos de este tipo, todos basados en la medición de la resistencia del material a ser penetrado por un indentador al aplicarse una carga. El ensayo se realiza utilizando máquinas especialmente diseñadas para este tipo de mediciones (durómetros). En particular, la dureza Vickers se determina a partir de medir la impronta generada por un indentador de diamante con forma de pirámide de base cuadrada (Vander Voort 2004).

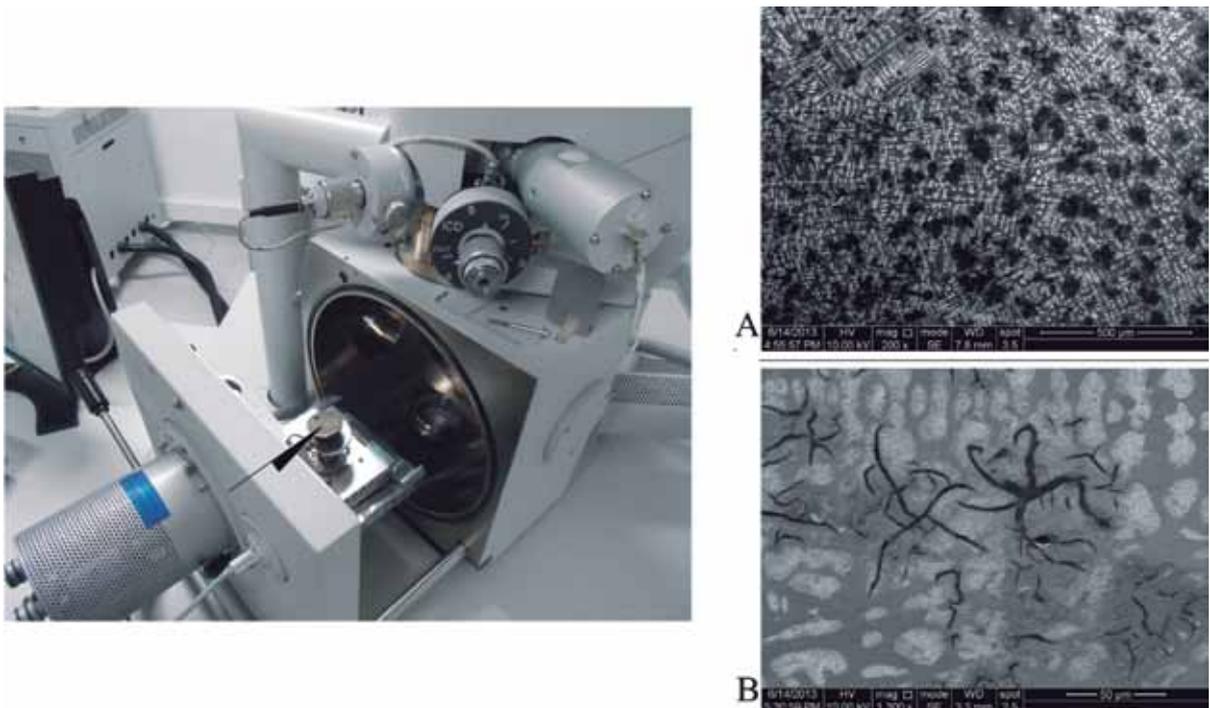


Figura 1. Microscopio electrónico de barrido *QUANTA FEG 250*. Izq.: detalle de la cámara del equipo (abierto), en la que se aprecia una bala de metralla recuperada del interior de uno de los cañones del navío francés *Bucentaure* (1805), San Fernando, Cádiz. Der.: A) microestructura de la pieza analizada, correspondiente a una fundición gris perlítica, con presencia de esteadita (eutéctico de bajo punto de solidificación); y B) detalle de la microestructura anterior, en la que se observan las rosetas de grafito (reactivo de ataque: Nital 2%). Imágenes: INTI-Mecánica.

4) Espectrometría de rayos-X dispersiva en energía (EDXRS) y en longitud de onda (WDXRS): ambos medios de análisis están basados en la detección de la radiación X que emite un material excitado superficialmente por un delgado haz de electrones. Estos electrones generan transiciones energéticas, que involucran los niveles atómicos más internos, y producen fotones en el espectro de los rayos X, con un patrón característico de cada elemento químico. De esta manera, en la mayoría de los casos es posible determinar –mediante un detector de estado sólido, en el primer caso, y una red de difracción, en el segundo– la composición elemental cualitativa y semicuantitativa de la muestra. El EDXRS ofrece buena información de todos los elementos presentes en la superficie de la muestra, mientras que el WDXRS es capaz de resolver los picos cuyas energías de emisión están muy cercanas, así como detectar concentraciones más pequeñas de elementos, incluso de los ligeros (Flewitt y Wild 1994).

5) Fluorescencia de rayos X (XRF): esta técnica de espectroscopia atómica se basa en el análisis espectroscópico de la radiación que emiten los átomos de un material al ser excitados mediante una radiación electromagnética de cierta energía. Inicialmente, esta produce una excitación de los átomos, que pasan de un estado basal (estable) a otro de mayor energía (inestable). Luego, al regresar a su estado fundamental estable, estos emiten una radiación, correspondiente a las transiciones energéticas entre los niveles de mayor y menor energía. Esta fluorescencia es característica de cada elemento, por lo que el análisis espectroscópico de esta radiación permite identificar, utilizando patrones de referencia de composición conocida, la constitución elemental de la muestra de modo cualitativo y cuantitativo (Henderson 2000).

6) Espectroscopia de emisión óptica (OES): el principio de funcionamiento de este análisis consiste en la detección de las líneas de emisión (que en su conjunto conforman un espectro de radiación) resultantes de la excitación de los electrones de valencia mediante una fuente de energía, térmica (llama) o electromagnética (arco eléctrico). Esta genera un salto en los electrones hacia un nivel de mayor energía, que es seguido de una transición espontánea al estado inicial de menor energía, con una consecuente emisión de radiación. A partir del espectro resultante, que es característico de cada elemento, y de la medición de la intensidad de las líneas de emisión, es posible adquirir, respectivamente, información cualitativa y cuantitativa de los elementos componentes mayoritarios y traza (del orden de las ppm) de una aleación (Farnsworth 1998).

La información obtenida de la caracterización de los materiales –la cual suele ser de alta resolución con respecto a las características metalúrgicas– está a su vez relacionada con otros factores, tales como los conocimientos científico-técnicos de la época, la

tradición metalúrgica imperante, las decisiones del fabricante y las condiciones económicas, por mencionar algunos asociados al ámbito de la producción. Algunas de las cuestiones anteriores pueden encontrarse reflejadas de algún modo en las características microestructurales de los materiales, por lo que el potencial explicativo de los datos alcanzados estará condicionado por el análisis que se haga de ellos. El panorama se diversifica y complejiza a medida que el análisis se aleja de aquel resultado técnico, específico, lo que hace cada vez más necesaria la articulación de perspectivas e información de diversa índole. Es por ello que la aplicación de los medios antes citados debe estar siempre en concierto con los fines de la investigación arqueológica; ambos son, como bien sostiene Jones (2004), analíticamente inseparables. Es en el carácter interdisciplinario donde yace el mayor potencial de los resultados obtenidos por intermedio de estos estudios.

Entonces ¿cuál sería el alcance de estos análisis, a los que tanta importancia se les suele otorgar? Más allá de la información primaria que es posible derivar de ellos, ¿cómo establecer el salto hacia la comprensión o explicación de otros aspectos del ámbito sociocultural en el que estuvieron inmersos los objetos y que, en una primera instancia, no aparentan estar relacionados en absoluto? Las limitaciones en torno a la capacidad explicativa de los datos se relacionan con su propia especificidad, pero fundamentalmente con la manera en que estos se utilizan para dar respuesta a interrogantes antropológicos, arqueológicos e históricos, entre otros. Como bien expresó González: “...los más sofisticados análisis de laboratorio a que puedan someterse los materiales [...] serán sólo anecdóticos, si no son planificados para esclarecer interrogantes antropológicos” (González 2004: 387). En este sentido, los acercamientos interdisciplinarios han permitido superar esta situación, al integrar diferentes fuentes de información y enfoques teóricos concomitantes.

El diálogo interdisciplinario: forjando puentes entre los datos técnicos y los interrogantes socioculturales

En vista de los resultados alcanzados, se presenta como incuestionable la utilidad de los análisis específicos, que en muchos casos han brindado información acerca de aspectos antes inadvertidos. No obstante, como fue expuesto líneas atrás, por sí solos constituyen un medio para conocer ciertas características físico-químicas de los materiales tal como se encuentran hoy día. Muchas de estas, en efecto, estarán asociadas de algún modo con el quehacer humano pasado, y en consecuencia podrían ser significativas para estudiar diversos aspectos relacionados con este último. Aquellas cualidades son centrales para la forma en que

se utiliza y hace significativa la cultura material, y es la meta de los estudios de caracterización comprender cómo dichas propiedades estuvieron relacionadas con la vida social de las personas (Jones 2004).

Se trata de establecer un puente significativo entre datos que, en principio, pueden considerarse primordialmente técnicos (*i.e.*, propiedades físico-químicas de los metales) con aspectos socioculturales pretéritos, que estuvieron de algún modo involucrados en la configuración particular de dichos materiales y que resultan de interés arqueológico. Los datos derivados de los análisis son parte de una investigación que propende –junto con otras fuentes de información– realizar un aporte al conocimiento de ciertos aspectos del pasado de las personas, que hicieron de aquellos objetos un componente integral de sus vidas. Objetos y sujetos no existen como entes estancos, sino que su relación ha sido siempre indisoluble.

Sobre la base de una revisión de los trabajos efectuados en el país en materia de análisis de objetos metálicos de sitios históricos, es posible advertir que, a partir de los datos alcanzados, por lo general se han seguido dos tipos de aproximaciones. En una primera instancia, usualmente se realiza un razonamiento deductivo. Se establece una vinculación entre ciertas características del material (*e.g.*, estructura de los granos, organización de las inclusiones no metálicas, presencia de una o varias fases, composición de la aleación y dureza) y los procesos termomecánicos, corrosivos, etc., que les otorgaron tal conformación específica (*e.g.*, temperatura alcanzada, velocidad de enfriamiento y grado de deformación). Ello se traduce, a su vez, en información significativa sobre determinadas prácticas, en función del conocimiento actual, teórico y empírico, sobre metalurgia. Al respecto, es posible dar cuenta con detalle y precisión de las características de los métodos involucrados en la producción de artefactos.

En relación con esto último, muchas veces con motivo de circunscribir temporal y espacialmente los materiales analizados, a la instancia anterior suele sucederle una de diferente cariz. Esta se identifica por un razonamiento analógico (directo), en el que se toma en consideración de modo integral la información histórica y/o arqueológica disponible acerca de determinadas cuestiones asociadas a cada sitio –de allí la relevancia de estudiar materiales para los que se conoce su contexto de procedencia–, así como a los contextos de obtención de los minerales, producción y uso de artefactos en el pasado. En esta instancia se reconoce cierta correspondencia entre dichas transformaciones –y, siguiendo el ejemplo anterior, las características del proceso de producción– por un lado, y determinadas prácticas, dentro de un contexto sociocultural particular, por el otro. El establecimiento de estos aspectos es de carácter relativo; a diferencia de la mayoría de las

relaciones que, al menos en teoría, se fundamentan en el comportamiento de los materiales frente a ciertos estímulos físico-químicos. El conocimiento alcanzado acerca de la metalurgia y las prácticas a ésta asociadas dependerá entonces de condicionantes tales como los interrogantes planteados (*i.e.*, la orientación y alcance de la investigación) y la modalidad de trabajo entre los especialistas³.

Se considera aquí que es en la búsqueda de dar respuesta a las cuestiones antes mencionadas donde los análisis metalúrgicos y sus resultados se hallan en concierto con los fines de la investigación arqueológica. En el caso de los estudios de materiales provenientes de sitios históricos de la Argentina se aprecia una tendencia general a cumplir con esta premisa. No obstante, muchas veces este objetivo ha quedado parcialmente soslayado por el carácter sumamente específico de algunos trabajos, los cuales se han focalizado en diversas cuestiones técnicas relativas a los objetos.

ARQUEOMETALURGIA DE NAUFRAGIOS HISTÓRICOS (SIGLOS XVII-XX)

Las investigaciones de tipo interdisciplinario dentro de la arqueología marítima histórica en la Argentina, particularmente aquellas dedicadas a los estudios sobre tecnología metalúrgica, constituyen un campo reciente⁴. Los estudios sistemáticos al respecto se han desarrollado durante la primera década de este siglo, tal como se mencionó más arriba, fundamentalmente de la mano del GAM. Informalmente desde la creación del Grupo en 2004, ya en el marco de convenios y como parte de proyectos de investigación subsidiados desde 2005, se realizaron numerosos estudios sobre materiales metálicos provenientes de diversos naufragios ocurridos entre los siglos XVII y XX.

Parte importante de los trabajos se ha enmarcado dentro de las investigaciones arqueológicas emprendidas por el Programa de Arqueología Subacuática (INAPL). En menor medida, se llevaron a cabo algunos estudios con materiales provenientes de colecciones de museos y de otros sitios arqueológicos, en algunos casos recuperados por personal no especializado (ver siguiente acápite). A partir de ellos, se ha obtenido información novedosa con respecto a diversas cuestiones de interés, tales como los métodos de fabricación y los materiales utilizados, así como la posible procedencia y época de los restos asociados que no estaban identificados⁵.

Los vestigios que suelen perdurar con mayor frecuencia luego de un naufragio –en especial si se trata de pecios de madera en un área intermareal– consisten en partes estructurales, muchas de las cuales presentan asociadas elementos metálicos de fijación (*e.g.*, clavos y pernos). En el país, los estudios arqueometalúrgicos

sobre tecnología naviera han estado concentrados en este tipo de evidencia y, en menor grado, en el análisis de chapas y tachuelas de revestimiento de forro (Figura 2). Versan sobre aspectos tales como la funcionalidad de las piezas, los materiales y métodos de producción empleados, y los conocimientos metalúrgicos de cada época. En estos casos, los análisis tipológicos y de caracterización físico-química se orientaron *prima facie* con el fin de establecer de modo aproximado la adscripción temporal y espacial de los restos asociados, aspectos de suma importancia durante una primera aproximación a los sitios.

Además de los trabajos anteriores, se llevaron a cabo análisis sobre otras clases de objetos. Al respecto, caben mencionar las investigaciones desarrolladas en la corbeta de guerra *HMS Swift* (ver más abajo), que incluyeron el estudio del armamento, la alimentación, la vestimenta, el mobiliario y las pertenencias personales. A continuación se presenta una breve reseña cronológica de los trabajos desarrollados por el grupo de investigación de la FI-UBA.

Sinopsis de los estudios de caso

El pecio de Reta (siglo XIX): la primera investigación arqueometalúrgica sobre materiales de naufragios históricos se realizó sobre muestras de clavazón y revestimiento de forro de una embarcación de madera hallada en la localidad de Reta (provincia de Buenos Aires), la cual fue estudiada por el equipo del Área de Arqueología Subacuática (UNR) y la Fundación Albenga (Valentini 2003). Sobre la base de la caracterización microestructural y química del revestimiento metálico se pudo establecer la tecnología de fabricación de los restos y el término *post quem* del naufragio, dado que el material con el que fueron confeccionadas las planchas se identificó como un latón (aleación cobre-cinc) patentado por Muntz en 1832. También se hallaron diversos elementos de fijación, algunos de los cuales fueron estudiados por metalografía y análisis químico con el fin de caracterizar las aleaciones y los métodos de fabricación utilizados (Lorusso *et al.* 2003; De Rosa *et al.* 2013).

Los barcos balleneros de la Antártida (siglos XIX-XX): este trabajo consistió en

la caracterización de un conjunto de clavos de hierro y de cobre, pertenecientes a diversas embarcaciones de los siglos XIX-XX. El estudio de los barcos se enmarcó dentro de un proyecto desarrollado conjuntamente por la Asociación Buque Austral Patagónico, el Museo

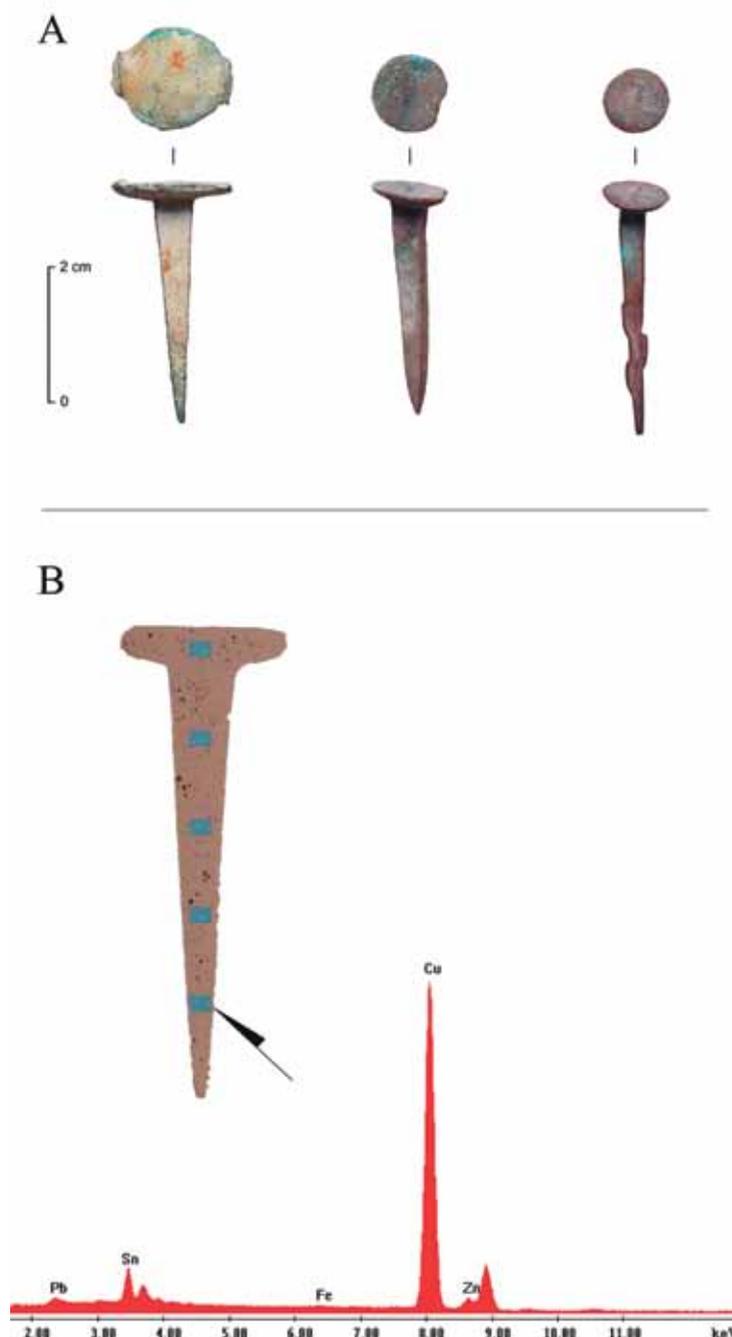


Figura 2. Tachuelas de revestimiento de forro recuperadas del sitio Deltebre I, identificado como uno de los transportes de la Armada Británica hundidos en el Delta del Ebro (costa catalana) en 1813. A: Diferentes clases de ejemplares (de izq. a der., tipos I, II y III). B: Corte longitudinal de una de las piezas (superficie pulida), en la que se observan los sectores analizados mediante EDXRS, junto con un espectro de composición química elemental. El análisis estadístico de los datos obtenidos de un conjunto de ejemplares identificados como tipo I, que estaban asociados al cargamento del barco, permitió evaluar la calidad del proceso de manufactura artesanal y agrupar las piezas en función de lo que probablemente hayan sido diferentes partidas de producción (ver Ciarlo *et al.* 2015).

Marítimo de Ushuaia y el Museo Naval de la Nación (MNN), enfocado en el relevamiento de los asentamientos balleneros históricos en la Península Antártica argentina (Vairo *et al.* 2007). Se realizó un análisis pormenorizado de la morfología y microestructura de las piezas, así como de su composición química. A partir de ello se reconoció la existencia de una importante variabilidad en los materiales y manufactura de elementos de fijación que estaban destinados a usos similares, especialmente en el caso de los clavos de cobre (Lorusso *et al.* 2004; De Rosa y Svoboda 2007).

Estudio comparativo de revestimientos de forro (siglo XIX): el estudio estuvo orientado a analizar la tecnología de protección de los cascos de madera. Para ello, se compararon distintas chapas metálicas del revestimiento de forro de cinco embarcaciones (entre ellas el pecio de Reta y la fragata *25 de Mayo*, que se menciona más abajo), naufragadas durante el siglo XIX en distintos sectores de la costa argentina. Se determinaron tres tipos fundamentales de materiales: cobre, cinc y latón, en todos los casos consistentes con los utilizados en la época. Por otro lado, se reconocieron distintos tipos de manufacturas, se realizó una estimación cronológica de dos de los barcos (aún no identificados) y se estimó la probable procedencia de una de las chapas, a partir del registro de determinados elementos minoritarios (De Rosa *et al.* 2008).

El codaste del Museo Histórico Nacional (ca. siglo XVIII): esta pieza corresponde a uno de los primeros hallazgos de restos de embarcaciones registrados en el país, realizado a finales del siglo XIX. En esta época se encontraron dos naufragios enterrados en la costa del Río de la Plata, siguiendo el trazado de diques del actual Puerto Madero (Fernández 1999). Los únicos restos que sobrevivieron hasta la actualidad son parte de un codaste y una curva de madera, que están expuestos en el Museo Histórico Nacional. Se analizó uno de los clavos de sección cuadrada extraído del codaste, cuyas características microestructurales permitieron definir el modo de manufactura de la pieza y, en función de ello, realizar una aproximación temporal de los restos a los que esta yacía asociada (Pereyra *et al.* 2006).

La fragata 25 de Mayo (1827): en 1933, durante los trabajos de dragado en el exterior de la Dársena Norte del puerto de Buenos Aires, se encontraron los restos atribuidos al buque insignia del almirante Guillermo Brown: la fragata *25 de Mayo* (1827). Parte de las piezas recuperadas (maderamen, restos de la quilla, el codaste y el timón, cañones, carronadas, anclas y anclotes) se encuentran actualmente en el MNN. Los maderos fueron estudiados dentro del proyecto *25 de Mayo* (Aldazabal y Castro 2001). En aquella oportunidad, personal de la CNEA analizó la aleación y el método de manufactura de una de las tachuelas del revestimiento de forro (Palacios *et al.*

2005). Posteriormente se estudiaron otros elementos de fijación de la quilla del barco, a partir de lo cual se determinaron semejantes aspectos técnicos (De Rosa *et al.* 2009a).

Los naufragios del Parque Nacional Monte León (siglo XIX): durante el bienio 2006-2007 se desarrolló el proyecto *Arqueología Marítima en el Parque Nacional Monte León*, provincia de Santa Cruz. Este estuvo abocado a la localización, estudio, evaluación de la preservación y puesta en valor de los bienes culturales relacionados con la navegación en la zona (Elkin 2007b). Dentro de este contexto, se analizaron diferentes elementos de fijación de varios sitios, asociados a restos estructurales de madera, y chapas de revestimiento de forro. Los análisis microestructurales y de composición química de las piezas permitieron caracterizar las aleaciones y los métodos de fabricación utilizados. A partir de estos datos y de otras fuentes de información, se concluyó que los sitios en cuestión pertenecerían a embarcaciones naufragadas no antes de mediados del siglo XIX (Elkin 2007b).

El sitio Bahía Galenses 2 (siglo XIX): en 2006 se iniciaron los trabajos de relevamiento, excavación y protección de los restos del pecio *Bahía Galenses 2* (Puerto Madryn, Chubut). Estos se enmarcaron dentro del proyecto *Investigación y Puesta en Valor del Patrimonio Cultural Subacuático de Península Valdés* (Elkin y Murray 2008). El sitio consiste en parte del casco de una embarcación de madera y propulsión a vela, probablemente relacionada con el comercio o la explotación de recursos marinos (Murray *et al.* 2009). En este pecio se hallaron diversos elementos de fijación asociados al casco del barco: clavos y pernos de fijación de las tablas del forro exterior e interior, y tachuelas del revestimiento de forro (de madera). A partir de su caracterización se pudo determinar la calidad de las aleaciones utilizadas y los métodos de fabricación de las piezas. Estos estudios permitieron establecer, entre otras líneas de evidencia, la época de construcción de la embarcación, estimada hacia el siglo XIX (Murray *et al.* 2009).

El pecio de Zencity (siglo XVIII): a fines de 2008, durante la construcción del complejo edilicio Zencity (Puerto Madero, Ciudad de Buenos Aires), se hallaron los restos de un naufragio. A partir de los estudios realizados por investigadores del Programa Historias Bajo las Baldosas y del CEASA, se estimó que el pecio podría pertenecer a una embarcación mercante española —o construida en España— del siglo XVIII (García Cano *et al.* 2011). La caracterización físico-química de una serie de elementos de fijación de la estructura contribuyó a la adscripción temporal y espacial del sitio. Los estudios también aportaron información sobre los métodos de fabricación y las características de los materiales empleadas para la construcción del barco (De Rosa *et al.* 2009b; De Rosa *et al.* 2011).

El yacht Hoorn (1615): este barco mercante formó parte de la expedición holandesa de Jacob Le Maire y Willem C. Schouten, que realizó la sexta circunnavegación al globo. El proyecto argentino-holandés tuvo como objetivo central la localización, identificación y estudio de los restos de la embarcación (Murray *et al.* 2008). En el sitio, ubicado a unos 12 km al interior de la desembocadura de la ría Deseado (Santa Cruz), se localizaron diversos restos metálicos: tachuelas, fragmentos de plomo fundido y algunos restos indeterminados de hierro, peltre y plata (Murray *et al.* 2008). Algunos de estos fueron sujetos a examen metalúrgico (Marconetto *et al.* 2007). El estudio de la microestructura de una de las tachuelas indicó que la pieza estuvo sujeta a elevadas temperaturas durante un tiempo prolongado, probablemente debido al incendio que resultó en la pérdida del barco (De Rosa *et al.* 2009a). Indicios semejantes fueron registrados en otros restos metálicos, como es el caso de las chorreaduras de plomo (Marconetto *et al.* 2007). Sobre el lecho de la ría también se halló un conjunto de concreciones ferrosas, a partir de las cuales se realizaron vaciados con resina sintética que permitieron apreciar la morfología de los objetos originales (Figura 3), en su mayoría elementos de fijación (Ciarlo 2006).

La corbeta de guerra HMS Swift (1770): el sitio corresponde a los restos de una corbeta de guerra de la Armada Británica que yace bajo las aguas de la ría Deseado (Santa Cruz). La embarcación formaba parte de la flota que se había encomendado a Puerto

Egmont, en aquel tiempo base británica en las Islas Malvinas. Desde 1997, el proyecto arqueológico

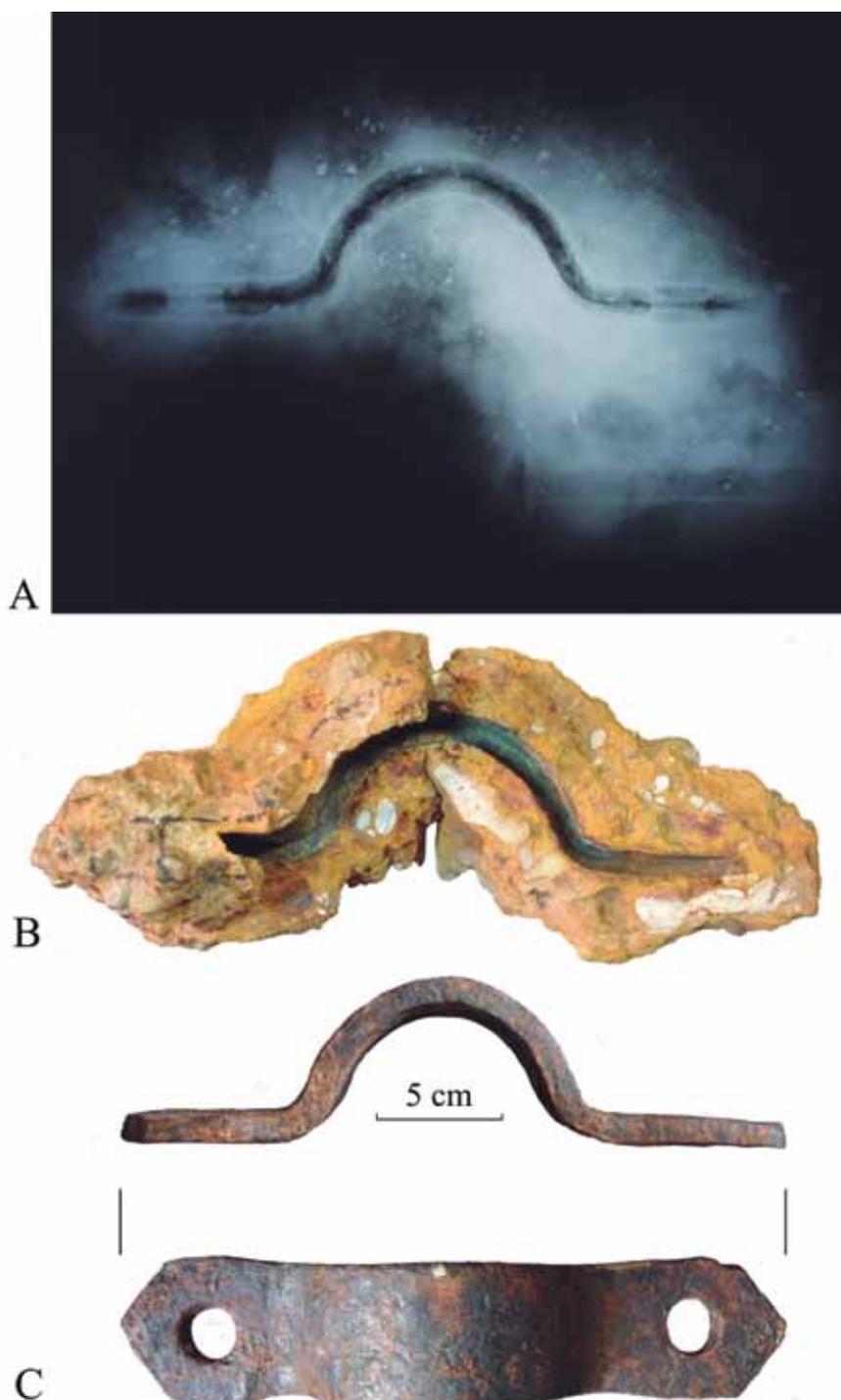


Figura 3. Concreciones ferrosas halladas en el sitio de naufragio del *Hoorn* (1615). A: Radiografía de una de las masas de sedimentos, guijarros y productos de corrosión, en la que se aprecia la silueta de dos artefactos (un herraje con forma de omega y un perno, abajo y a la derecha del primero). B: Interior de la concreción, correspondiente al corte axial de la impronta del herraje. C: Vista lateral y superior de una réplica de la pieza (identificada como posible sobremuñonera), realizada con resina sintética. Imágenes: PROAS-INAPL.

conducido por el PROAS está centrado en el estudio de aspectos tales como la vida a bordo (alimentación, salud y relaciones jerárquicas), los desarrollos tecnológicos (construcción naval, armamento y cultura material en general) y los procesos naturales y culturales de formación del sitio (e.g., Elkin *et al.* 2007, 2011). Como parte de la línea de investigación sobre la tecnología asociada a la embarcación, se realizó un análisis de la colección de artefactos metálicos, pertenecientes a las siguientes categorías: equipamiento náutico, armamento, mobiliario, alimentación, vestimenta y pertenencias personales (Figura 4).

Los datos obtenidos permitieron analizar diversos aspectos del barco y la metalurgia naval de la época, y obtener información sobre los conocimientos, materiales y técnicas disponibles, en algunos casos no consignada en las fuentes documentales consultadas. Los objetos estudiados exhiben un amplio repertorio de materiales y técnicas de manufactura –relacionados en gran parte con las distintas categorías– que se aprecia en las respectivas características microestructurales. Algunos de ellos, de especial importancia para la navegabilidad, presentan una complejidad técnica –en términos de herramientas, conocimientos, materiales y personal involucrados en su producción– y una especificidad al medio elevadas (e.g., buena resistencia a la corrosión marina). Mientras que otros, generalmente asociados al mobiliario, la alimentación y la vestimenta, muestran una amplia variabilidad de formas, dimensiones y aleaciones, e incluso defectos de fábrica. Sin embargo, acorde con la tecnología disponible, en líneas generales los materiales y los tratamientos termomecánicos registrados habrían sido consistentes con los requerimientos funcionales de las piezas. Asimismo, las características macro y microestructurales registradas se corresponden con las esperables para el contexto cronológico y socio-cultural en cuestión. Por otro lado, si bien la mayoría de las piezas son corrientes, algunas pocas presentan

indicios de prácticas innovadoras, que pudieron servir de base para ulteriores aplicaciones. Los resultados de

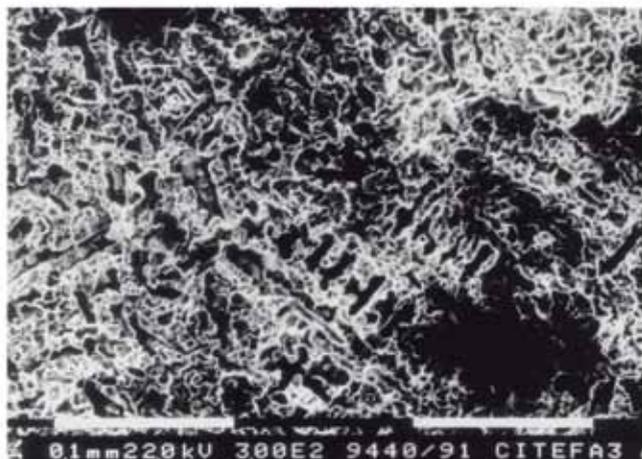
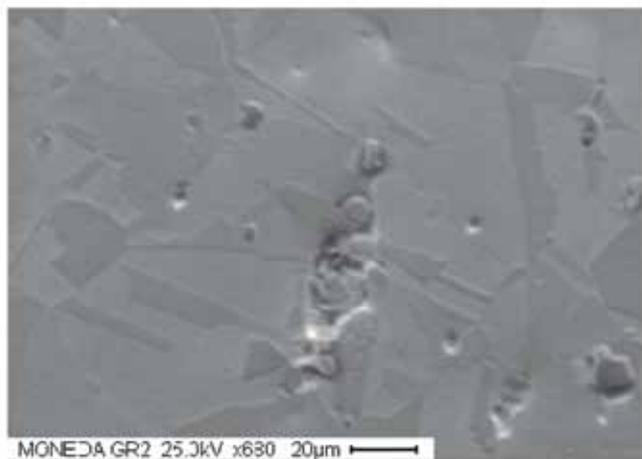


Figura 4. Fabricación de monedas en Europa a mediados del siglo XVIII. A: Representación de las operaciones de acuñación mediante prensa de tornillo; cuatro operadores se ocupan de la rotación del balancín, mientras el monedero (sentado) ubica el cospel entre el cuño de la efígie (anverso de la moneda) y el cuño del escudo (reverso de la moneda). Fuente: Diderot y D'Alembert 1771, Monnayage, Planche XV. B: Microestructura de granos equiaxiales y maclas de recrystalización de una moneda de medio penique (acuñada), de cobre sin alear. C: Microestructura dendrítica, típica de un proceso de fundición y colada, correspondiente a uno de los medio peniques de aleación de cobre (falsificaciones) hallados en la HMS Swift (1770). Imágenes: INTI-Mecánica y CITEFA.

la caracterización de los materiales fueron presentados en varias publicaciones parciales (e.g., De Rosa *et al.* 2007; Ciarlo y De Rosa 2009; Ciarlo 2010; Maier *et al.* 2010; Ciarlo *et al.* 2011; Vázquez *et al.* 2012) y de síntesis (De Rosa *et al.* 2011; Ciarlo 2014).

DISCUSIÓN

En términos generales, los trabajos citados durante el presente artículo pueden ser agrupados –según la proveniencia de los restos y atendiendo a la orientación y alcance de los estudios– de la siguiente manera:

1. estudios de restos aislados (descontextualizados) provenientes de colecciones de museos y hallazgos fortuitos.
2. análisis de artefactos y muestras provenientes de sitios de naufragio singulares, como parte de un proyecto arqueológico.
3. investigación de diversos aspectos de la tecnología naval (relativa a la metalurgia) y la sociedad de la época, sobre la base de la caracterización de materiales de uno o varios naufragios.

Los trabajos englobados dentro de la primera categoría se han enfocado esencialmente en el estudio de ciertas piezas, a partir de sus características formales y físico-químicas. Estos análisis, de carácter puntual y de corto alcance, fueron motivados por diversas razones, entre las que predomina el mero interés por conocer la posible época y procedencia de los materiales. Usualmente, la meta ha sido precisar algunas cuestiones estrictas (e.g., cómo fue fabricado el artefacto), que permitieran delimitar de modo aproximado otros aspectos (e.g., en relación con lo anterior, el rango temporal). Estos estudios no suelen extenderse más allá de piezas específicas, a las que se les otorga cierta relevancia en función de su probable relación con un sitio de interés histórico-arqueológico, muchas veces aún no identificado (e.g., los restos de un clavo asociado a una estructura de madera atribuida a la nao *Santiago*, recuperada por un entusiasta particular), o su aparente exclusividad, atractivo estético y/o técnico (e.g., un ancla del MNN, hallada de forma fortuita en el Río de la Plata⁶). Dejando a un lado los trabajos solicitados por instituciones vinculadas con el conocimiento, conservación y divulgación del patrimonio cultural, con el fin de realizar una adscripción de ciertos restos, debe tenerse presente que los estudios de artefactos aislados suelen tener una capacidad heurística limitada en el contexto de una investigación.

Los análisis, conducidos hasta la fecha de modo ocasional, han permitido obtener información relativa a las características de los materiales y algunos datos sobre la producción de los objetos, entre los principales aspectos. Sin embargo, a pesar de la aparente utilidad de la información obtenida, el carácter descontextualizado de los materiales –aun cuando estos se encuentran asociados a otros restos– ha sido el

denominador común y, por motivos obvios, el principal aspecto negativo. Volviendo al primer ejemplo mencionado, en el mejor de los escenarios se podría llegar a poner en duda la relación de los restos involucrados o afirmar la existencia de una aproximada coincidencia temporal y/o espacial (de procedencia) entre estos. Cabe mencionar la utilidad que podrían tener dichos estudios en el caso de estar orientados hacia la conformación de muestrarios de referencia sobre ciertos tipos de piezas usualmente halladas en naufragios (e.g., clavos, pernos, anclas). No obstante, este tipo de emprendimientos requieren de una labor sistemática y de una proyección a mediano-largo plazo que no se han formalizado todavía; aun así, quedarían sin resolución los problemas vinculados a la descontextualización de los restos.

En función de lo anterior, dado el estado actual de las investigaciones y el potencial relativamente escueto de los resultados, es necesario cuestionar la conveniencia de realizar esta clase de análisis, en especial frente a la necesidad de lograr una adecuada administración de los recursos económicos y humanos actualmente disponibles. En definitiva, aquí interesa hacer hincapié en las investigaciones orientadas a analizar y comprender problemáticas socioculturales.

La mayoría de los estudios de restos metálicos de naufragios se agrupan dentro de la segunda categoría. En líneas generales, estos han estado orientados a la caracterización de artefactos, realizada sobre la base de estudios semejantes a los citados arriba. El foco de atención se ha centrado en el estudio de aspectos tecnológicos (e.g., relativos a la producción y el uso), así como en la delimitación temporal y espacial de los materiales y, por extensión, de los restos a ellos asociados. Pero a diferencia del caso anterior, se trata de piezas provenientes de sitios que cuentan con información contextual, y que han sido o están siendo estudiados dentro del marco de proyectos de carácter arqueológico, con propósitos que trascienden el estudio y el conocimiento de uno o pocos objetos per se.

Dentro de este escenario, el tratamiento y potencial de la información derivada de los análisis en cuestión dependerán en gran medida de las características de cada sitio y de la instancia en que se encuentre la investigación. En general, revisten especial importancia durante una primera etapa, debido a que constituyen una fuente de información potencialmente útil para la identificación y descripción preliminar de un sitio. Los resultados obtenidos –particularmente en lo que concierne a las características físico-químicas de los materiales– son susceptibles de ser ulteriormente traducidos en datos significativos para el estudio de aspectos tales como las prácticas de obtención y producción de artefactos, los conocimientos científico-técnicos disponibles, la eficacia y el deterioro de los materiales durante su uso y los procesos de innovación

a lo largo del tiempo. Igualmente, pueden ser considerados con el fin de ampliar y/o profundizar otras líneas de investigación acerca de las embarcaciones y la multiplicidad de prácticas socioculturales asociadas (e.g., construcción naval, vida a bordo, navegación en distintos tipos de ambientes, viajes de exploración, actividades comerciales y conflictos armados).

En el marco de la experiencia anterior, pueden distinguirse dos situaciones, de acuerdo con la modalidad de trabajo predominante. En un caso, los estudios se ubicaron dentro de un contexto multidisciplinar; mientras que en el otro, se ha perseguido y llegado a construir un ámbito de investigación interdisciplinario. Al respecto, merece la pena señalar que algunas de las producciones han sido el resultado de un trabajo parcialmente colaborativo, en las que el prefijo *arqueológico* se ve representado de manera casi exclusiva por la naturaleza de los materiales analizados. Estos estudios suelen hallarse acotados a priori por una única perspectiva de análisis, o bien carecen de información contextual relevante. Analizar las circunstancias que subyacen a esta situación, que en parte importante se consideran coyunturales, excede el propósito de este artículo. Sin embargo, a la luz de los resultados obtenidos es evidente el gran potencial que tiene la labor interdisciplinaria, por lo que queda fuera de duda la necesidad de continuar promoviendo las actuaciones de este tipo.

La tercera categoría de trabajos puede considerarse una extensión de la anterior, dado que implica fundamentalmente un cambio de escala. En líneas generales, se diferencia de la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha en que se trata de investigaciones enfocadas en la integración de múltiples sitios. Tentativamente, se puede afirmar que está relacionada con una instancia del proceso de investigación e, incluso, con una perspectiva teórico-metodológica particular acerca del estudio de naufragios. Como afirmaron recientemente Catsambis, Ford y Hamilton respecto del desarrollo de la arqueología marítima a nivel mundial: "Saliendo de la investigación de un único sitio, que ha conformado la base de nuestro campo de investigación, el futuro ahora está en la síntesis de información arqueológica geográfica y cronológicamente diversa..." (Catsambis *et al.* 2011: xiii). En este caso, debido a la clase de aspectos que se abordan y su alcance, cobra aún mayor relevancia una aproximación como la que aquí se sostiene.

En el país, los estudios de caracterización de materiales metálicos procedentes de naufragios que tienden a orientarse en este sentido son recientes. Al respecto, se pueden mencionar los trabajos entablados en el marco de la investigación sobre las innovaciones en metalurgia y sus aplicaciones a los barcos de guerra de las potencias marítimas europeas de la segunda mitad del siglo XVIII y principios del siglo XIX (e.g., Ciarlo 2012, 2015; Ciarlo *et al.* 2013, 2014a y b).

REFLEXIONES FINALES

A lo largo del escrito se expusieron los principales trabajos desarrollados en torno a la investigación de materiales metálicos provenientes de naufragios ocurridos entre los siglos XVII y XX. Se presentaron los diversos aspectos abordados sobre la base de la aplicación de conocimientos, métodos e instrumental de análisis propios de campos del saber ajenos a la arqueología, así como las características de la dinámica de articulación teórico-metodológica que guió a las investigaciones. Con respecto a esto último, se delinearon los inconvenientes asociados a una modalidad de trabajo que no descansa sobre un diálogo fluido entre los diferentes especialistas, frente a las ventajas que supone una labor interdisciplinaria llevada a cabo con materiales provenientes de sitios bien contextualizados, en el marco de proyectos enfocados en la resolución de problemáticas arqueológicas.

Sobre la base de las actividades desarrolladas en el marco del GAM se ha obtenido información novedosa acerca de diferentes cuestiones asociadas a la metalurgia de sitios históricos, lo cual permitió responder o contribuir a dilucidar interrogantes planteados por los equipos arqueológicos, y alcanzar de este modo un conocimiento más acabado de las problemáticas sociales y tecnológicas del pasado. Particularmente, las investigaciones con artefactos provenientes de sitios de naufragio permitieron avanzar en el conocimiento de varios aspectos acerca de la tecnología a ellos asociada. Cabe destacar los aportes realizados con relación a la calidad de las aleaciones utilizadas y los métodos de manufactura empleados en la clavazón y el revestimiento de forro de los barcos de madera, así como en otros materiales relacionados con la tecnología naval. Asimismo, la circunscripción temporal y, en algunos casos, espacial de los restos en cuestión, fue de suma utilidad en varias ocasiones. A partir del proyecto *Swift*, se analizaron por primera vez materiales asociados a aspectos náuticos (equipamiento de la embarcación), bélicos (armamento), y de la vida a bordo (mobiliario, alimentación, vestimenta y pertenencias personales de los tripulantes).

No obstante, exceptuando los casos recientes en los que se ha intentado dar respuesta a interrogantes sobre la metalurgia aplicada al ámbito naval, e incluso más allá de este, el panorama actual sugiere que las investigaciones se hallan aún en una primera instancia de desarrollo. Al respecto, la situación internacional no dista mucho de este panorama. Dentro de una primera aproximación a los restos de una embarcación, en especial cuando se cuenta con pocas vías de análisis alternativas, los estudios tipológicos y de caracterización físico-química han estado orientados fundamentalmente a identificar los materiales y obtener información temporal y espacial relativa a ellos.

Con respecto a lo anterior, cabe destacar que en ciertas oportunidades los estudios focalizados en diversos aspectos dentro del ámbito de la producción de objetos pertenecientes a embarcaciones (e.g., método de fabricación, materiales utilizados, mejoras técnicas, avances en el conocimiento de las aleaciones) han aportado información sobre temas de interés más allá de un sitio en particular. Tal es el caso de Stanbury (1998), quien utilizó los datos obtenidos de la caracterización de materiales para evaluar los cambios ocurridos en la tecnología naval británica a finales del siglo XVIII en el contexto de colonización de una de sus posesiones de ultramar. En los últimos años, como fue mencionado, algunos de los trabajos en arqueometalurgia de naufragios desarrollados en la Argentina se han encaminado en este sentido.

Frente al panorama presentado en este artículo resultaría altamente fructífero –algunos ya lo han demostrado– continuar ampliando la perspectiva de los estudios sobre la tecnología metalúrgica, en este caso vinculada con la navegación, integrando diversas perspectivas de análisis. Para ello, "...debemos caminar juntos y en concierto, aunar nuestras fatigas, abandonar el espíritu de secta y la afectación de la novedad" (G. W. Leibniz, *Die Philosophischen Schriften*, traducción de Paolo Rossi 1966). Es tiempo de emprender un salto cualitativo, que gracias a la evidencia material disponible como a los medios existentes para su estudio es hoy posible concretarlo.

Agradecimientos

Estoy en deuda con mis directores, Dolores Elkin y Horacio De Rosa, quienes me han acompañado y aconsejado desde los inicios de mis estudios en torno a la arqueología subacuática y la arqueometalurgia. A Carlos Landa, por la revisión de una versión preliminar de este artículo y sus valiosos comentarios. Extiendo mi agradecimiento a los cuatro evaluadores del trabajo, cuyas correcciones y sugerencias mejoraron el contenido del manuscrito original. Las ideas aquí expuestas son enteramente responsabilidad de quien suscribe.

REFERENCIAS CITADAS

- Adams, J.
2001 Ships and boats as archaeological source material. *World Archaeology* 32 (3): 292-310.
- Aldazabal, V. B. y M. A. Castro
2001 Las maderas en la construcción naval, aportes al conocimiento de la fragata '25 De Mayo'. En *Noticias de Antropología y Arqueología. Arqueología Subacuática*, coordinado por M. P. Valentini. Santa Fe, Argentina (en CD-Rom).
- ASM Handbook (editor)
1998 Radiographic Inspection. En *ASM Handbook: Nondestructive Evaluation and Quality Control*, Vol. 17, pp. 628-763. ASM Handbook Committee, EE.UU.
- Bayley, J., D. Dungworth y S. Paynter (editores)
2001 *Archaeometallurgy*. Centre for Archaeology Guidelines, English Heritage Publications, Reino Unido.
- Bertolino, S., R. Cattáneo y A. D. Izeta (editores)
2010 *La arqueometría en Argentina y Latinoamérica*. Editorial de la Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- Catsambis, A., B. Ford y D. L. Hamilton (editores)
2011 *The Oxford Handbook of Maritime Archaeology*. Oxford University Press, EE.UU.
- Ciarlo, N. C.
2006 Metodología de estudio de artefactos ferrosos corroídos en un medio subacuático. Un caso de estudio: las concreciones del sitio *Hoorn*. *La Zaranda de Ideas* 2: 87-106.
2008 La arqueología subacuática en Argentina. Reseña histórica de los antecedentes, desarrollo de la especialidad y estado actual de las investigaciones. *Revista de Arqueología Americana* 26: 41-70.
2010 La corrosión galvánica a mediados del siglo XVIII: El caso de la corbeta de guerra *HMS Swift* (1763 – 1770). Actas del *3er Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencia y Tecnología de Materiales*. Universidad Tecnológica Nacional, Entre Ríos.
2012 Innovations in West Europe metallurgy and Navy ships during 18th century: a product of technical skills and traditional knowledge, or something else? *Historical Metallurgy Society Newsletter* 80: 4-5.
2014 *Arqueometalurgia de un sitio de naufragio del siglo XVIII: la corbeta de guerra HMS Swift (1770), Puerto Deseado, provincia de Santa Cruz (Argentina)*. BAR International Series 2596. Archaeopress, Oxford.
2015 Naval metals from mid 18th- to early 19th-century European shipwrecks: a first analytical approach. *Historical Metallurgy*. En prensa.
- Ciarlo, N. C. y H. De Rosa
2009 Estudio de caracterización de un conjunto de cucharas del naufragio de la corbeta británica *HMS Swift* (1770), Puerto Deseado (provincia de Santa Cruz). En *Arqueometría Latinoamericana*, vol. 1, editado por M. O. Palacios, C. Vázquez, T. Palacios y E. Cabanillas, pp. 270-279. Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires.
- Ciarlo, N. C., H. De Rosa, D. Elkin, H. Svoboda, C. Vázquez, D. Vainstub y L. Diaz Perdiguero
2011 Examination of an 18th century English anchor from Puerto Deseado (Santa Cruz Province, Argentina). *Historical Metallurgy* 45 (1): 17-25.

- Ciarlo, N. C., H. M. De Rosa, M. C. Lucchetta, P. Marino, N. Rodríguez Mariscal, J. Martí Solano y G. Maxia
2014a Estudio comparado de dos navíos franceses de la Batalla de Trafalgar: los elementos de fijación estructurales del *Fougueux* (1785-1805) y *Bucentaure* (1804-1805). En *Actas del X Congreso Ibérico de Arqueometría*, coordinadas por D. Juanes Barber y C. Roldán García, pp. 217-229. Subdirección de Conservación, Restauración e Investigación IVC+R de CulturArts Generalitat, Castellón, España.
- Ciarlo, N. C., A. N. López, H. M. De Rosa y M. Pianetti
2014b Naval crossfire: a comparative analysis of iron projectiles from mid-18th to early 19th centuries European warships. *Procedia Materials Science*. En prensa.
- Ciarlo, N. C., M. C. Lucchetta y H. De Rosa
2013 Análisis metalográfico y químico de un conjunto de artefactos recuperados del naufragio *Triunfante* (1756-1795), Golfo de Rosas (Cataluña, España). En *El vaixell Triunfante: Una fita de la ciència i de la tècnica del segle XVIII*, editado por X. Nieto, M. Pujol y G. Vivar, pp. 175-188. Monografies del CASC N° 10, Museu d'Arqueologia de Catalunya-Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, España.
- Ciarlo, N. C., G. Maxia, M. Rañi, H. De Rosa, R. Geli Mauri y G. Vivar Lombarte
2015. Craft production of large quantities of metal artifacts at the beginnings of industrialization: application of SEM-EDS and multivariate analysis on sheathing tacks from a British transport sunk in 1813. *Journal of Archaeological Sciences*. En evaluación.
- Cochran, M. y M. Beaudry
2006 Material Culture Studies and Historical Archaeology. En *The Cambridge Companion to Historical Archaeology*, editado por D. Hicks y M. Beaudry, pp. 191-204. Cambridge University Press, Cambridge.
- De Rosa, H., N. C. Ciarlo y H. Lorusso
2011 Caracterización de artefactos metálicos provenientes del naufragio *Swift* (1770), Puerto Deseado (provincia de Santa Cruz). En *El naufragio de la HMS Swift (1770): Arqueología marítima en la Patagonia*, por D. Elkin, C. Murray, R. Bastida, M. Grosso, A. Argüeso, D. Vainstub, Ch. Underwood y N. C. Ciarlo, Sección estudios especializados, pp. 79-99. Vázquez Mazzini, Buenos Aires.
- De Rosa, H., N. C. Ciarlo, H. Svoboda y F. Di Claudio
2009 Caracterización de elementos metálicos de fijación hallados en sitios de naufragio (siglos XVII-XIX) de la costa atlántica argentina. Trabajo presentado en el III Congreso Argentino de Arqueometría, 22 al 25 de septiembre. Córdoba. MS.
- De Rosa, H., D. Elkin, N. C. Ciarlo y F. Saporiti
2007 Characterization of a Coin from the Shipwreck of HMS *Swift* (1770). *Technical Briefs in Historical Archaeology* 2: 32-36.
- De Rosa, H., H. Lorusso y H. G. Svoboda
2008 Estudio de chapas metálicas empleadas como revestimiento de cascos de embarcaciones de madera. En *Continuidad y Cambio Cultural en Arqueología Histórica*, compilado por M. T. Carrara, pp. 551-556. Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe.
- 2013 Metallurgical characterization of sheathing from the Reta shipwreck. Laboratorio de Materiales, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad de Buenos Aires. MS.
- De Rosa, H., M. Lucchetta y H. Svoboda
2011 Caracterización de la hembra del codaste de un navío hallado en la Ciudad de Buenos Aires (proyecto Zencity). 11° Congreso Binacional de Metalurgia y Materiales SAM/CONAMET. Rosario, Santa Fe.
- De Rosa, H. y H. Svoboda
2007 Estudio arqueometalúrgico de los clavos pertenecientes a las embarcaciones relevadas. En *Antártida. Asentamientos balleneros históricos*, editado por C. Vairo, G. May y H. Molina Pico, pp. 142-150. Zagier & Urruty, Tierra del Fuego.
- De Rosa, H., H. Svoboda y A. Machuca Suárez
2009 Caracterización de elementos de fijación de un navío hallado en la ciudad de Buenos Aires (Proyecto Zencity). 9° Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales (en CD-Rom). SAM/CONAMET, Buenos Aires.
- Edwards, H. y P. Vandenabeele (editores)
2012 *Analytical Archaeometry: Selected Topics*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Ehrenreich, R. M.
1995 Archaeometry into Archaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory* 2 (1): 1-6.
- Elkin, D.
2007a Estudios interdisciplinarios aplicados a la investigación y preservación del patrimonio cultural subacuático. En *Patrimonio cultural: la gestión, el arte, la arqueología y las ciencias exactas aplicadas*, editado por C. Vázquez y O. M. Palacios, pp. 165-171. Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires.
- 2007b Estudio Arqueológico Marítimo en el P. N. Monte León, Informe Final de Actividades. Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, Buenos Aires. MS.
- 2008 Maritime Archaeology in Argentina at the Instituto Nacional de Antropología. En *Underwater and Maritime Archaeology in Latin America and the Caribbean*, editado por M. E. Leshikar-Denton y P. L. Erreguerena, pp. 155-171. Left Coast Press, California.

- Elkin, D.
2011 Shipwreck Archaeology in South America. En *The Oxford Handbook of Maritime Archaeology*, editado por A. Catsambis, B. Ford y D. L. Hamilton, pp. 685-707. Oxford University Press, Oxford.
- Elkin, D., A. Argüeso, M. Grosso, C. Murray, D. Vainstub, R. Bastida y V. Dellino
2007 Archaeological research on HMS *Swift*: a British Sloop-of-War lost off Patagonia, Southern Argentina, in 1770. *International Journal of Nautical Archaeology* 36 (1): 32-58.
- Elkin, D. y C. Murray
2008. Arqueología subacuática en Chubut y Santa Cruz En *Arqueología de la costa patagónica – Perspectivas para la conservación*, editado por I. Cruz y S. Caracotche, pp. 109-124. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos.
- Elkin, D., C. Murray, R. Bastida, M. Grosso, A. Argüeso, D. Vainstub, Ch. Underwood y N. C. Ciarlo
2011 *El naufragio de la HMS Swift (1770): Arqueología marítima en la Patagonia*. Vázquez Mazzini, Buenos Aires.
- Exner, H. E. y S. Weinbruch
2004 Scanning Electron Microscopy. En *ASM Handbook: Metallography and Microstructures*, Vol. 9, editado por G. F. Vander Voort, pp. 355-367. ASM Handbook Committee, EE.UU.
- Farnsworth, P. B.
1998. Optical Emission Spectroscopy. En *ASM Handbook: Materials Characterization*, Vol. 10, coordinado por R. E. Whan, pp. 48-66. ASM Handbook Committee, EE.UU.
- Fernández, J. C.
1999 Juntando los pedazos: Primeros hallazgos arqueológicos subacuáticos de la Argentina (1887-1890). *Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, t. I: 427-431. La Plata.
- Flatman, J. y M. Staniforth
2006 Historical maritime archaeology. En *The Cambridge Companion to Historical Archaeology*, editado por D. Hicks y M. Beaudry, pp. 168-188. Cambridge University Press, Cambridge.
- Flewitt, P. E. J. y R. K. Wild
1994 *Physical Methods for Materials Characterization*. Institute of Physics Publishing, Londres.
- García Cano, J., M. P. Valentini y M. N. Weissel
2011 Arqueología en un barco. En *Temas y problemas de la Arqueología Histórica*, t. 1, editado por M. Ramos, A. Tapia, F. Bognanni, M. Fernández, V. Helfer, C. Landa, M. Lanza, E. Montanari, E. Néspolo y V. Pineau, pp. 453-460. Universidad Nacional de Luján, Luján.
- González, L. R.
2004 *Bronces sin nombre*. Fundación CEPPA, Buenos Aires.
- Goodhew, P. J., J. Humphreys y R. Beanland
2004 Light and Electron Microscopy. En *ASM Handbook: Metallography and Microstructures*, Vol. 9, editado por G. F. Vander Voort, pp. 325-331. ASM Handbook Committee, EE.UU.
- Henderson, J.
2000 *The Science and Archaeology of Materials*. Routledge, Londres.
- Jones, A.
2004 Archaeometry and Materiality: Materials-Based Analysis in Theory and Practice. *Archaeometry* 46 (3): 327-338.
- Lenihan, D. J.
1983 Rethinking Shipwreck Archaeology: A History of Ideas and Considerations for New Directions. En *Shipwreck Anthropology*, editado por R. Gould, pp. 37-64. University of New Mexico, EE.UU.
- Lorusso, H., H. G. Svoboda y H. De Rosa
2003 Caracterización microestructural de componentes metálicos hallados en el pecio de Reta. *Jornadas SAM/CONAMET: 1103-1106*. Bariloche.
2004 Estudio de clavos empleados como elementos de fijación en embarcaciones del siglo XIX halladas en la Antártida. *Congreso CONAMET/SAM*. La Serena.
- MacLeod, I. D.
1985 Conservation Report, 1985 *Sirius* Expedition – Norfolk Island. En *Report to the Australian Bicentennial Authority on the 1985 Bicentennial Project Expedition to the Wreck of HMS Sirius (1790) at Norfolk Island*, No. 24, editado por G. Henderson y M. Stanbury, pp. 44-65. Report – Department of Maritime Archaeology, Western Australian Maritime Museum. Australia.
1994 Conservation of corroded metals - a study of ships' fastenings from the wreck of HMS *Sirius*. En *Ancient and Historic Metals Conservation and Scientific Research*, editado por D. A. Scott, J. Podany y B. B. Considine, pp. 265-278. Getty Conservation Institute, Los Ángeles.
- MacLeod, I. D. y M. Pitrun
1988 Metallography of copper and its alloys recovered from nineteenth century shipwrecks. En *Archaeometry: Australasian Studies*, editado por J. R. Prescott, pp. 121-130. University of Adelaide, Australia.
- Maier, M. S., B. A. Gómez, S. D. Parera, D. Elkin, H. De Rosa, N. C. Ciarlo y H. Svoboda
2010 Characterization of cultural remains associated to a human skeleton found at the site HMS *Swift* (1770). *Journal of Molecular Structure* 978 (1-3): 191-194.

- Marconetto, B., P. Picca, H. De Rosa y C. Murray
2007 El naufragio del *Hoorn* -1615-. Materiales de un sitio intermareal (Santa Cruz – Argentina). En *Arqueología de Fuego-Patagonia. Levantando piedras, desenterrando huesos... y develando arcanos*, editado por F. Morello, A. Prieto, M. Martinic y G. Bahamondes, pp. 343-349. Centro de Estudios del Cuaternario, Fuego-Patagonia y Antártica (CEQUA), Punta Arenas.
- Martin, C.
1997 Ships as integrated artefacts: the archaeological potential. En *Artefacts from Wrecks. Dated Assemblages from the Late Middle Ages to the Industrial Revolution*, editado por M. Redknap, pp. 1-13. Oxbow Books, Reino Unido.
2001 De-particularizing the particular: approaches to the investigation of well documented post-medieval shipwrecks. *World Archaeology* 32 (3): 383-399.
- Muckelroy, K
1998 Introducing Maritime Archaeology. En *Maritime Archaeology. A reader of substantive and theoretical contribution*, editado por L. Babits y H. Van Tilburg, pp. 23-37. The Plenum Series in Underwater Archaeology, Nueva York.
- Murray, C., M. Grosso, D. Elkin, F. Coronato, H. De Rosa, M. A. Castro y N. C. Ciarlo
2009 Un sitio costero vulnerable: el naufragio de "Bahía Galenses" (Puerto Madryn, Chubut, Argentina). En *Arqueología de la Patagonia. Una mirada desde el último confín*, t. 2, editado por M. Salemme, F. Santiago, M. Álvarez, E. Piana, M. Vázquez y E. Mansur, pp. 1093-1108. Utopías, Ushuaia.
- Murray, C., D. Vainstubb, M. Manders y R. Bastida
2008 *Tras la estela del Hoorn. Arqueología de un naufragio holandés en la Patagonia*. Vázquez Manzini, Buenos Aires.
- Palacios, O. M., C. Vázquez, T. A. Palacios y E. D. Cabanillas (editores)
2009 *Arqueometría latinoamericana*. Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires.
- Palacios, T. A., E. D. Cabanillas, C. Semino y L. R. González
2005 Anex A: Studies on the Behaviour of Ancient Man-made Materials as Analogues to Materials Used for the Disposal of High-Activity and Long Lived Waste. *Anthropogenic analogues for geological disposal of high level and long lived waste*, pp. 13-21. International Atomic Energy Agency, Viena.
- Pereyra, P., N. C. Ciarlo y H. De Rosa
2006 Investigación, análisis y conservación de los restos de un codaste de un antiguo naufragio del Río de la Plata. *Actas del XV Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, t. 1: 405-414. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba.
- Pifferetti, A. A. y R. Bolmaro (editores)
2007 *Metodologías científicas aplicadas al estudio de los bienes culturales*. Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe.
- Rossi, P.
1966 *Los filósofos y las máquinas 1400-1700*. Labor, Barcelona.
- Samuels, L. E.
1980 The metallography of cast iron relics from the Bark Endeavour. *Metallography* 13 (4): 345-355.
1983 The metallography of some copper-alloy relics from HMS *Sirius*. *Metallography* 16: 69-79.
1992 Australia's Contribution to Archaeometallurgy. *Materials Characterization* 29: 69-109.
- Scott, D. A.
1991 *Metallography and Microstructure in Ancient and Historic Metals*. Getty Conservation Institute & Archetype Books, EE.UU.
- Stanbury, M.
1998 HMS *Sirius*: 'reconstructed... pygmy battle ship' or 'appropriate' 6th Rate vessel? En *Excavating Ships of War*, vol. 2, editado por M. Bound, pp. 217-229. International Maritime Archaeology Series, University of Oxford. Anthony Nelson, Shropshire, Reino Unido.
- Summer Institute in Material Science and Material Culture
2003 *The Metallographic Examination of Archaeological Artifacts*. Massachusetts Institute of Technology, EE.UU.
- Svoboda, H. G., H. De Rosa y H. Lorusso
2005 Estudio de un ancla antigua hallada en el lecho del río de la Plata. Congreso SAM/CONAMET – Jornadas MEMAT. Mar del Plata, Buenos Aires.
- Vairo, C., G. May y H. Molina Pico (eds.)
2007 *Antártida. Asentamientos balleneros históricos*. Zagier & Urruty, Ushuaia.
- Valentini, M. P.
2003 Reflexiones bajo el agua. El papel de la Arqueología Subacuática en la protección del Patrimonio Cultural Sumergido en la Argentina. *Protección del Patrimonio Cultural Subacuático en América Latina y el Caribe*, pp. 37-45. UNESCO, La Habana.
- Vander Voort, G. F.
2004 Light Microscopy. En *ASM Handbook: Metallography and Microstructures*, vol. 9, editado por G. F. Vander Voort, pp. 332-354. ASM Handbook Committee, EE.UU.
- Vázquez, C., N. C. Ciarlo, G. Custo, M. Ortiz, H. De Rosa y D. Elkin
2012 Analysis of counterfeit and regal copper coins from the sloop-of-war HMS *Swift* (1770), by means of SEM, EDXRS and WDXRF. Trabajo pre-setado en el 2nd International Workshop Physical and Chemical Analytical Techniques in Cultural Heritage. Lisboa. MS.

Wayman, M. L.

2004 *Metallography of Archaeological Alloys*. En *ASM Handbook: Metallography and Microstructures*, Vol. 9, editado por G. F. Vander Voort, pp. 468-477. ASM Handbook Committee, EE.UU.

Whan, R. E. (coordinador)

1998 *ASM Handbook: Materials Characterization*, Vol. 10. ASM Handbook Committee, EE.UU.

NOTAS

1.- Las desventajas aparejadas a una excesiva segmentación de las diferentes disciplinas y especialidades, debido a las dificultades que implica dividir una realidad que no se limita con exclusividad a un ámbito específico, fueron reconocidas en varias oportunidades (Cochran y Beaudry 2006, para un análisis en el contexto de la arqueología histórica).

2.- Asociada a esta segunda modalidad de trabajo se encuentra la inteligibilidad entre los investigadores, que supone un diálogo fluido y un aprendizaje mutuo, de materias ajenas a las respectivas especialidades. Ello tiene consecuencias positivas con relación a la planificación y realización de los estudios, así como con respecto a la interpretación de los resultados obtenidos. Algunas de las razones que han obstaculizado la conformación de equipos interdisciplinarios son: la ausencia de intereses mutuos; la carencia de proyectos en conjunto, de una relación formal a nivel institucional y de un espacio físico común; los problemas asociados a la comunicación y los conocimientos fundamentales de cada especialidad –que influyen sobre el mutuo entendimiento acerca de las problemáticas y el manejo de los datos–; los

elevados costos y reducida disponibilidad de los medios de análisis; y los tiempos heterogéneos de cada actor.

3.- Existe una estrecha vinculación entre la selección y aplicación de ciertas técnicas e instrumental de análisis, los materiales bajo estudio y los objetivos de investigación, por lo que debe tenerse en cuenta: el tipo de información requerida; la integridad y estado de conservación de los objetos, así como la cantidad de muestra requerida; las posibilidades y limitaciones, en cuanto a la información suministrada por cada medio de análisis; los efectos de estos sobre la integridad de las piezas; la cantidad y variabilidad de artefactos bajo estudio; y los costes económicos de los estudios; entre los principales.

4.- A escala mundial, los trabajos de caracterización de piezas metálicas de naufragios históricos (posmedievales) comenzaron a realizarse con cierta regularidad en la década de 1980 (e.g., Samuels 1980, 1983, 1992; MacLeod 1985, 1994; MacLeod y Pitrun 1988). Sin embargo, hasta la fecha el número de publicaciones es relativamente bajo. En líneas generales, estos estudios se han focalizado en la determinación de ciertos aspectos técnicos, tales como la composición de las aleaciones y los procesos de fabricación de las piezas, así como para establecer tratamientos adecuados de estabilización y conservación de los materiales, *in situ* y en el laboratorio.

5.- La información obtenida acerca de estos aspectos, sobre todo la adscripción temporal, por lo general no deriva directamente de los análisis, sino de su interpretación en función de registros históricos y/o arqueológicos de referencia.

6.- Los análisis de las distintas secciones de la pieza y las uniones de éstas permitieron reconocer el proceso de fabricación y establecer una aproximación temporal de los restos (Svoboda *et al.* 2005).