

# *Innovación tecnológica y conflicto naval en Europa Occidental, 1751-1815: aportes arqueológicos e históricos al conocimiento de la metalurgia y sus aplicaciones en los barcos de guerra*



Nicolás C. Ciarlo\*

Fecha de defensa: 28 de marzo de 2016  
Director: Dr. Mariano S. Ramos  
Co-director: Ing. Horacio De Rosa  
Jurados: Dres. Facundo Gómez Romero,  
Carlos G. Landa y Alicia H. Tapia

## **Introducción a la problemática**

Si intentáramos definir al Mundo Moderno, ese sistema global que se gestó en Europa hacia el siglo XV, entre las opciones más resonantes encontraremos la noción de innovación. Pocas evidencias nos muestran una imagen quiescente. Los procesos de cambio acaecidos desde aquel entonces suscitaron extensas reflexiones e investigaciones dentro de las ciencias sociales. La cuestión de las innovaciones tecnológicas, una de las aristas más intrigantes y enrevesadas del asunto, constituye el tema central de esta tesis. Puntualmente, nos abocamos a analizar la tecnología naval de las principales potencias europeas (Gran Bretaña, Francia y España) entre mediados del siglo XVIII y principios del siglo XIX. Circunscribimos nuestro trabajo a los barcos de guerra y en particular a los objetos de metal vinculados a la navegación y el combate. Pese al protagonismo que tuvieron las naves, el conocimiento acerca de las innovaciones tecnológicas dista de ser exhaustivo. Dentro de este contexto, la evidencia material procedente de naufragios (aquí tuvimos especial consideración por aquellos con una alta definición temporal y espacial) cobra relevancia para profundizar los estudios sobre el proceso de industrialización, el comercio de ultramar y la guerra entre las referidas naciones. Analizar la articulación entre estos complejos factores y los cambios tecnológicos en el ámbito naval fue el objetivo directriz de este trabajo.

## **Coordenadas espaciales y temporales**

Escogimos un marco espacial y temporal de particular relevancia para el análisis de las innovaciones tecnológicas. Los años transcurridos entre 1751 y 1815 estuvieron signados por recurrentes conflictos armados entre Gran Bretaña, Francia y España, que además coincidieron

-no es casualidad- con una transformación industrial sin parangón hasta ese entonces, i.e. los inicios de la denominada Revolución Industrial. A los fines de la investigación, optamos por un lapso de tiempo que está delimitado por dos circunstancias históricas relevantes; la primera, vinculada con el conocimiento teórico-práctico de la época, es la aparición del primer volumen de la *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, obra colosal que se publicó entre 1751 y 1772 y estuvo a cargo de Diderot y d'Alembert; la segunda, de índole fundamentalmente político-económica, es la batalla de Waterloo, cuyo desenlace derivó en la rendición del emperador de los franceses Napoleón Bonaparte. Conjuntamente, tuvimos en cuenta momentos previos, donde encontramos los antecedentes de las innovaciones que habrían de florecer décadas más tarde, y que dan cuenta de la extensión y continuidad de los procesos en cuestión.

## **Marco teórico-metodológico**

De cara a la naturaleza del tema analizado, consideramos favorable abreviar en una perspectiva interdisciplinaria y basarnos en varias fuentes de información y enfoques concomitantes. Más específicamente, teniendo en cuenta las evidencias, objetivos y marco teórico-metodológico de la investigación, hicimos hincapié en los aportes arqueológicos e históricos. Respecto de este quehacer, el trabajo se enmarca dentro de dos especialidades: la Arqueología marítima (y naval) y la Arqueometalurgia. Asimismo, sus implicancias se extienden a otros ámbitos, tales como la Historia marítima, la Historia de la tecnología, la Arqueología histórica y la Arqueología del conflicto. Los naufragios son en la actualidad el objeto de investigación por excelencia de la primera, que se ocupa del estudio del ser humano y su relación con el medio acuático. Los estudios realizados en este campo han contribuido extensamente al conocimiento de los barcos y su contexto tecnológico, económico, político e ideológico. En particular, merece destacarse la relevancia que tiene el manejo integral de la evidencia proveniente de múltiples sitios. Esta tarea permite abordar ciertos temas que trascienden a un evento concreto (i.e. un naufragio) y así superar las limitaciones interpretativas que, para tal fin, un único sitio supone. El desafío cobra especial relevancia al momento de examinar sistemas complejos, entendidos aquí como

\* Instituto de Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires - CONICET. 25 de Mayo 217, 3er piso (CP 1002), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. E-mail: nciarlo@yahoo.com.ar

aquellos fenómenos socio-históricos que, por sus propias características, requieren ser analizados a partir de una investigación de carácter interdisciplinario. Los naufragios, como manifestaciones tecnológicas, constituyen una evidencia singular de sumo interés para el estudio de las actividades pretéritas del ser humano, tanto en el entorno acuático como en tierra. Los barcos eran parte de un complejo sistema, por lo que en su análisis radica la posibilidad de acceder tanto a asuntos específicos del ámbito naval como a otros más generales, relativos a las ideas y prácticas de la sociedad de su tiempo. La posibilidad de explotar el potencial que encierran los materiales arqueológicos de esta índole yace en los análisis de tipo comparativo. La perspectiva escogida para el análisis y la síntesis de los datos obtenidos se orienta en este sentido.

### **Materiales y análisis arqueométricos**

Los materiales analizados en este trabajo provienen de un conjunto de barcos de guerra británicos, franceses y españoles. Puntualmente, nos enfocamos en los elementos pertenecientes a la estructura del casco (los elementos de sujeción y el revestimiento del forro), el equipamiento náutico (las piezas pertenecientes a los sistemas de maniobra, fondeo y achique) y el armamento (cañones y municiones). Complementamos el *corpus* de datos obtenido con los resultados de otras investigaciones sobre naufragios del período de interés, que suman más de una veintena. Por otro lado, consideramos de modo integral la información recabada de diferentes fuentes documentales y de estudios históricos en materia de metalurgia e industria naval. De este modo, buscamos articular (y analizar críticamente) las líneas de evidencia disponibles, con miras a obtener un panorama más acabado de los asuntos desarrollados. Le otorgamos un espacio relevante a los análisis de caracterización morfológica, funcional y físico-química de los artefactos seleccionados. Entre los principales medios de análisis, podemos citar los siguientes: metalografía por medio de microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido, análisis de composición química mediante espectroscopía de rayos X dispersiva en energía, fluorescencia de rayos X y espectrometría de emisión óptica. Sobre la base de estos datos y junto a otras fuentes de información, analizamos la calidad de las materias primas, los métodos y técnicas de producción, las prestaciones de los objetos, los conocimientos disponibles en aquel entonces acerca de los materiales y la procedencia de estos últimos, entre otros aspectos. A partir de estos resultados y de los interrogantes arqueológico-históricos planteados, indagamos sobre los procesos de transferencia (en especial de conocimientos, materiales y aspectos técnicos), la transición entre la producción artesanal e industrial, el desarrollo de las investigaciones científicas y la política asociada a los conflictos armados entre las naciones. Finalmente, evaluamos la relación entre estos

aspectos y su rol en el proceso de innovación en torno a la metalurgia y los barcos de guerra del período (Figura 1).

### **Resultados: las innovaciones tecnológicas en el ámbito naval moderno**

En aras de controlar los mares, rutas comerciales y territorios de ultramar, a lo largo del siglo XVIII los británicos buscaron contar con una fuerza naval que sobrepasara a las de sus adversarios principales, Francia y España. Las inversiones en infraestructura, organización, construcción de barcos, equipamiento, personal especializado e instrucción marinera, fueron ingentes. La solución fue integral. Los españoles y franceses también apostaron a renovar sus flotas. Una faceta de este complejo escenario se relaciona con las innovaciones tecnológicas que realizaron unos y otros para mejorar la operatividad (velocidad, maniobrabilidad, durabilidad y poder de fuego) de sus barcos de guerra. La investigación desarrollada a partir del análisis de los restos materiales de naufragios y de las fuentes documentales disponibles permitió dar cuenta de los cambios ocurridos. Y desde una perspectiva en clave comparativa, obtuvimos información novedosa sobre la problemática de interés. También, allende el contexto particular considerado, los resultados obtenidos redundaron en datos útiles para el conocimiento del proceso de industrialización, puntualmente en torno a la metalurgia. Mediante este estudio, pudimos constatar que las innovaciones no afectaron por igual a los componentes de metal de los barcos, ni lo hicieron al mismo ritmo en diferentes lugares. La mayoría de estos estuvieron precedidos por prolongadas pruebas y más de una vez fueron resistidos por el conservadurismo y escaso dinamismo en ciertos sectores del rubro naval. Una vez demostrada su eficacia y en el marco de condiciones favorables, fueron aceptados y se extendieron a ritmos dispares. Su éxito no fue el resultado de un proceso iterativo de 'prueba y error', al contrario, como basamentos pueden reconocerse tres aspectos típicos de la labor científica de la época: observación sistemática, experimentación controlada y ordenación de la información. Por otro lado, algunas transformaciones dependieron de avances en rubros anejos (e.g. en metalurgia) y, a la vez, tuvieron repercusiones de variada índole sobre otros. Asimismo, las influencias extranjeras cumplieron un rol destacado en cada una de las armadas. Mediante diversas estrategias de transferencia (espionaje militar e industrial, comercio, entre otras), los galos siguieron de cerca a los británicos en el caso de los adelantos técnicos y estos últimos le correspondieron en materia de diseño naval. Numerosas invenciones en la industria naval y metalúrgica fueron implementadas en momentos de paz, mientras que otras, sobre todo de carácter bélico, se introdujeron en tiempos de guerra. Mayormente, los cambios no fueron radicales, sino que se basaron en modelos y preceptos básicos que databan de varios años, e incluso décadas. Y aunque en

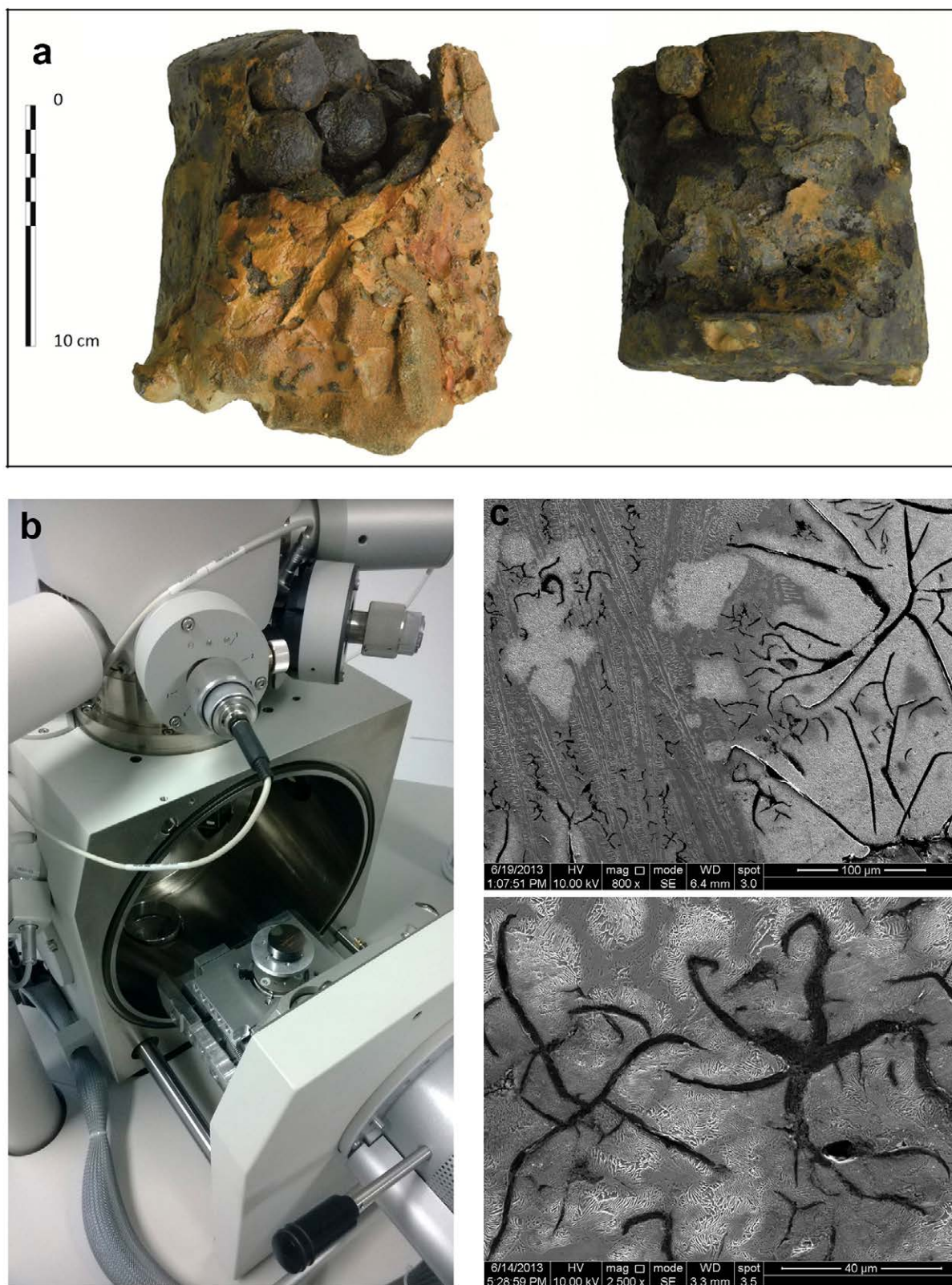


Figura 1. Artillería (estudio de municiones): a) tarros de metralla recuperados de la carga de un transporte británico naufragado en 1813 (sitio Deltebre I); b) microscopio electrónico de barrido QUANTA FEG 250; y c) imágenes de la microestructura de dos balas de metralla: de fundición gris, recuperada entre los restos del navío francés *Bucentaure*, 1805 (arriba) y de fundición atruchada, procedente del navío español *Triunfante*, 1795 (abajo). Fotos: cortesía del Centro de Arqueología Subacuática de Cataluña, España (a) y Centro de Mecánica del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Argentina (b y c).

general hubo una búsqueda continua por mejorar la calidad y eficiencia de los materiales utilizados, las novedades en materia de construcción naval y armamento no supusieron por sí solas una ventaja decisiva.

A partir del análisis de los resultados, la proposición que sostenemos en esta investigación puede desdoblarse en los siguientes puntos capitales:

1. Las innovaciones en torno a la tecnología naval de las potencias europeas entre mediados del siglo XVIII y principios del siglo XIX permitieron mejorar la eficacia de los componentes críticos de los barcos de guerra y dar respuesta a desafíos prácticos inmediatos. Estos cambios, que afectaron el diseño, los materiales y los métodos de producción, estuvieron condicionados por los avances en otros campos y el conservadurismo de algunos sectores. No fueron transformaciones radicales, sino que operaron sobre la base del ajuste de soluciones técnicas previas, locales y foráneas. En ocasiones, se vieron beneficiados *a posteriori* por estudios del ámbito académico.
2. La dinámica de observación, experimentación y sistematización de información, típica de la práctica científica, fue asimismo el basamento de las actividades de ingenieros, técnicos y artesanos. Cumplió un rol fundamental durante el proceso de innovación, que asimismo estuvo favorecido en las instancias de ideación y experimentación por una estrategia de anticipación a los conflictos internacionales. De cara a fortalecer las flotas, las políticas gubernamentales y del sector privado -este último principalmente en Gran Bretaña- dieron lugar a innovaciones en las industrias bélica y civil, que en reiteradas ocasiones se influyeron mutuamente.

### Organización del escrito

El manuscrito está organizado en tres secciones e incluye un total de nueve capítulos y diez anexos. En el primer capítulo realizamos una breve introducción al tema. En el segundo, presentamos el contexto social, económico y político, con énfasis en el proceso de crecimiento y expansión comercial (mercados internos y de ultramar) y los enfrentamientos navales entre las principales potencias. Exponemos, además, los desarrollos tecnológicos, con foco en la metalurgia, durante el proceso de industrialización en Europa Occidental. Dentro de este contexto, definimos la situación institucional de las armadas y delineamos cuestiones del diseño y la construcción de los barcos de guerra. En

el tercero, sintetizamos las principales nociones teóricas acerca de la tecnología y discutimos varios aspectos de la dinámica de innovación tales como el proceso de generación e incorporación de las invenciones y el rol del conflicto. En el cuarto, definimos los fundamentos y principales aportes de las especialidades dentro de las que se enmarca la investigación, con hincapié en el análisis comparativo de naufragios. Explicitamos los criterios utilizados para analizar las fuentes de información disponibles y realizamos un recorrido sucinto por los antecedentes de investigación. En el quinto, planteamos los objetivos generales y específicos del trabajo; describimos las características generales de los pecios analizados y de referencia (*i.e.* paralelos arqueológicos); y ponemos de manifiesto aspectos metodológicos tales como el manejo de fuentes documentales y los métodos e instrumental de análisis empleados para la caracterización de los materiales. En el sexto, ya dentro de la sección de resultados, nos ocupamos de los elementos de sujeción estructurales (pernos y clavos) y del forro metálico (chapas y tachuelas) de los barcos de madera. En el séptimo, nos dedicamos al equipamiento náutico, *i.e.* los sistemas de gobierno (timón de rueda), fondeo (anclas) y achique (bombas de carena). En el octavo, versamos sobre la artillería, en particular los cañones y municiones que se utilizaban en estas piezas. Estos últimos tres capítulos incluyen un análisis de los cambios en la tecnología naval a lo largo del período en cuestión. En el último capítulo, titulado 'Estudio comparado de la tecnología naval', integramos los aspectos centrales discutidos a lo largo de la tesis y brindamos nuestras reflexiones finales. Explicitamos las principales aportaciones de los análisis microestructurales al conocimiento de los artefactos metálicos empleados en el ámbito naval durante los comienzos de la industrialización y reflexionamos en torno al abordaje interdisciplinario de las innovaciones tecnológicas. Retomamos la cuestión del potencial asociado al estudio de los naufragios desde una perspectiva arqueo-histórica a escala local y regional, a la luz de las evidencias con respecto a los barcos de pabellón británico, francés y español. Delineamos los diversos aspectos que dan cuenta del cambio tecnológico en el ámbito naval moderno: los conflictos armados, las tradiciones navales, la transferencia de conocimientos, materias primas y artefactos, el paso de la producción artesanal a la fabril y los avances científicos. Para finalizar, en la sección de anexos exponemos de manera pormenorizada los análisis arqueometalúrgicos realizados por nosotros con materiales de naufragios, junto a información complementaria sobre la problemática desarrollada en la tesis.