

Revalorización científica de la industria metalúrgica de Artillería en el siglo XVIII

Pedro Mora Piris (*)

INTRODUCCIÓN

Desde el momento en que Carlos III inició su reinado en España, los asuntos americanos iban a estar en el primer plano de sus decisiones políticas. Concluida la Guerra de Sucesión, que dejó herido el prestigio y los intereses españoles, los reyes de la Casa de Borbón se dispusieron a restablecer el papel de gran potencia de la que España había sido desplazada.

Una de las primeras medidas a tomar iba a ser restablecer la plena soberanía, y naturalmente intervenir decididamente en nuestro amplio espacio americano, con objeto de asumir el monopolio del comercio entre aquellos territorios y Europa.

El éxito conseguido por Felipe V y Fernando VI en este sentido, iba a permitir a Carlos III, desde su acceso al trono en 1759, recibir una Monarquía recuperada como potencia europea, con medios para intervenir en el juego político establecido por las otras dos potencias, Francia e Inglaterra. De esta manera, nuestro país estaba en condiciones de incidir en el restablecimiento del equilibrio de poderes en Europa y América.

Esta idea, mantenida por Carlos III, le va a llevar a romper la neutralidad en la «Guerra de los Siete Años» y entrar en la misma contra Inglaterra, en la creencia de que con ello podría equilibrar la debilidad manifestada por Francia.

Fue sin duda una decisión poco meditada, sin haberse analizado profundamente la situación; y precipitada, al haberse llevado a cabo sin una adecuada preparación.

(*) Coronel de Artillería. Doctor en Historia.

Fueron sin duda razones de prestigio las que llevaron a Carlos III en 1762 a intervenir, en un momento poco propicio, ya que Francia estaba ya prácticamente derrotada.

Dos flotas británicas se apoderaron de La Habana y Manila pese a la heroica resistencia ofrecida por sus guarniciones. El Tratado de Paz firmado en 1763 en París devolvía a España estas dos estratégicas plazas, pero nos obligaba a entregar la Florida a los ingleses. No obstante, Francia compensaba a España con la entrega de la Luisiana Occidental, un inmenso territorio casi deshabitado situado al oeste del Mississippi. Desde este momento el río Mississippi sería frontera común entre España e Inglaterra. Carlos III comprendió que la nueva situación geoestratégica establecida hacía inevitable el enfrentamiento futuro con Inglaterra, que era precisamente lo que había tratado de evitar cuando decidió ayudar a Francia.

Esta situación fue la señal de alarma para el gobierno de Carlos III. Era necesario poner a España y sus territorios americanos en condiciones de defensa frente al inevitable choque con los ingleses.

Esta confrontación se produjo en la crisis de las Malvinas en 1770-71, pero fue sólo un intento; el esperado enfrentamiento tendría lugar en 1778 durante la Guerra de la Independencia de los Estados Unidos.

Los cinco años que van desde 1763 a 1768 sirvieron para que Carlos III y sus ministros se afanasen en impulsar una serie de reformas y medidas, tendientes a mejorar la administración indiana, impulsar su crecimiento económico, y de esa manera contribuir a mejorar la propia hacienda y economía de la Península. Para lograr todo esto se abordó un amplio plan estratégico, que pretendía establecer un dispositivo de defensa en nuestros territorios americanos.

Después de 1763, Carlos III tuvo en su ministro italiano Esquilache —al que anteriormente tuvo a sus órdenes en Nápoles—, un firme colaborador para impulsar las reformas en los sectores de defensa y hacienda. Esquilache llegará a asumir personalmente el mando directo de las tropas «veteranas» de América y la dirección de las rentas producidas por el tabaco.

Esquilache asumía personalmente el poder militar y el económico. Con ello se trataba de disponer, en un momento dado, de los medios y recursos del Estado en una persona, sin interferencias y dilaciones burocráticas. De esta manera, ambas orillas se contemplaban como piezas complementarias de un todo y responsabilidad exclusiva de España, ya que a partir de ese momento la hegemonía en América era un asunto exclusivo entre nuestro país e Inglaterra, estando descartado el incierto apoyo de Francia.

La intensificación del comercio entre las Indias y España favoreció la explotación de las minas americanas. La dificultad y carestía que presentaba la importación de metales procedentes de Europa, tales como el cobre y el estaño, imprescindibles para la fabricación de cañones de bronce, propició la intensificación de la explotación e importación de tales metales procedentes de México y Perú.

Las dificultades que ofrecían los metales americanos, por el alto grado de impurezas que contenían, favorecerá la investigación científica y la formación de técnicos en fundición. La necesidad de utilizar dichas materias primas por su economía en relación a los precios que regían en Europa, a pesar de la mayor cantidad de impurezas que contenían los cobres americanos, favorecerá el que nuestras fundiciones de Sevilla y Barcelona se conviertan en los centros más prestigiosos desde el punto de vista metalúrgico. A los mismos acuden importantes especialistas europeos que trabajan y enseñan los procedimientos más avanzados. De esta manera, al tiempo que dichas fundiciones sufren ampliaciones y se modernizan, se convierten en centros donde se investiga, se ensaya y se desarrolla una tecnología metalúrgica muy adelantada.

La apertura de España a lo que se venía a denominar como «mundo moderno»: racionalismo filosófico, empirismo, criticismo, etc., se iniciaría en España a finales del siglo xvii con los «novatores».

Figuras como Juan de Cabriada, Juan Muñoz de Peralta o Diego Mateo Zapata, enlazarán con figuras tan importantes como Mayans, Sarmiento y sobre todo Feijoo, personalidad esta última excepcional por cuanto significa de ruptura con el mundo barroco, proponiendo romper con las supersticiones, fanatismos e ignorancias en que se movían las personas en sus comportamientos habituales y exigiendo la experimentación como método científico.

El siglo xviii conoce la incorporación de España al importante desarrollo científico y técnico generado en Europa. Medicina, metalurgia, botánica, ciencias naturales, química, astronomía, ciencias físico-matemáticas, etc., serán algunos de los campos del saber a los que nuestro país aportará figuras tan importantes como Jorge Juan, Tofiño, Ulloa, Orfila, Císcar, Elhuyar, Mutis, Bethencourt y un numeroso grupo de personalidades. La cooperación española a empresas científicas en América, junto a científicos extranjeros, será una prueba más de ese deseo oficial de romper el aislamiento de nuestro país.

El interés que despierta la potenciación de la riqueza minera en Indias llevará a implantar prácticas para beneficiar los metales por fundición, como la empleada para la plata utilizando el mercurio, que tenía la propiedad de absorber y concentrar las impurezas.

En el reinado de Carlos III se consideró necesario difundir los métodos y técnicas mineras más avanzados en Europa para implantarlas en las explotaciones americanas. Para ello no se escatimaron esfuerzos, llevando a Indias a los técnicos más renombrados. Uno de estos casos fue el de los dos afamados metalúrgicos del Imperio Austro-Húngaro, Sonneschmidt y Nordenflicht; éstos se trasladaron a Nueva España y Perú a fin de estudiar la productividad de aquellas minas y ensayar la introducción del método Born, aunque al parecer, al menos en esta ocasión, resultó más efectivo el sistema tradicional empleado por los españoles.

Esta preocupación por potenciar los aspectos de explotación minera y formación de técnicos viene atestiguada por la inauguración en 1779, por el gobernador de Potosí, de la Academia y Escuela teórico-práctica de Metalurgia.

En Nueva España, que representaba el segundo gran centro minero de Indias, se inauguró en 1792 el Colegio; aunque concebido desde 1783 en las Ordenanzas, su puesta en marcha vino demorándose.

Todo esto pone de manifiesto una profunda preocupación de la administración española tendente a desarrollar la potencialidad económica de los yacimientos mineros en nuestros territorios americanos, buscando su rentabilidad económica.

I. CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN EL SIGLO XVIII

I.1. Promoción y desarrollo de la actividad científica

La investigación histórica reciente sustenta que la revolución científica en nuestro país comienza a partir del último tercio del siglo xvii a través del movimiento «novator»¹.

Aunque la historiografía de los siglos xviii, xix y xx describieron con sombríos tintes el panorama de las últimas décadas del siglo xvii en el reinado de Carlos II, lo cierto es que la nueva historiografía matiza tal creencia, en el sentido de apreciar señales de estabilización e incluso indicios de un leve despertar.

No cabe duda que, hacia 1680, Castilla, Extremadura y Andalucía están sumidas en una profunda crisis generalizada, debida en parte a la grave deflación sufrida, las catástrofes meteorológicas y las pérdidas enormes que repercutieron en la agricultura. Desde 1687 se percibe ya una cierta atenuación de tan negro panorama. Sin embargo, la España de la periferia sufrió en menor medida los padecimientos apuntados y reflejó síntomas esperanzadores de reactivación. El País Vasco, Cataluña y algo más tarde el reino de Valencia —tras recuperarse de la expulsión de los moriscos— conocieron un crecimiento demográfico, comercial, naval y textil.

En este panorama tan brevemente expuesto surgen nombres como Feliú de la Peña, Martín Piles y Joseph Aparisi, en Cataluña; Diego José Dorner, en Aragón, y en Madrid un grupo que reunidos alrededor de la Junta Central de Comercio, están ya anunciando la Ilustración. Es en este momento cuando parece que comienza a superarse esa especie de impermeabilidad que había venido siendo habitual entre técnica y ciencia².

Estos grupos de hombres, que logran superar las propias condiciones reaccionarias impuestas por su tiempo, son precursores de lo que había de venir

¹ López Piñero, José María, *Impulso y desarrollo de la actividad científica. Carlos III y la Ilustración*, tomo I. Ministerio de Cultura. Varios autores. Madrid, 1988, p. 265.

² López François, *Las Españas Ilustradas. Carlos III y la Ilustración*, op. cit., tomo I, p. 100.

después. Sus adversarios los llaman despectivamente «novatores». Pero ellos no se dedican sólo a especular; por el contrario, poseían conocimientos científicos que solían aplicar a cuestiones concretas que reportasen alguna utilidad pública.

En este movimiento de los novatores, Sevilla contó con la primera academia moderna de carácter científico que se estableció en España. La Regia Sociedad de Medicina surgió con la protección oficial de Carlos II en 1700. Este hecho adquiere más relieve si tenemos en cuenta que Madrid no logrará contar con una Academia de ciencias durante todo el período de la Ilustración.

Los novatores, viviendo en un momento tan sumamente difícil, nos anticipan una vía al cambio y al desarrollo que en unas condiciones más favorables tendrán lugar unas décadas después.

El P. José de Zaragoza, distinguido astrónomo y matemático que ejercía como profesor en el Colegio Imperial de Madrid, desarrollará una serie de proyectos mineros e hidráulicos, entre éstos una construcción portuaria en Sanlúcar de Barrameda. Jose Chafrión realiza obras de fortificación en Cataluña; los valencianos Juan Bautista Corachán y Vicente Tosca, que tenían publicados manuales de filosofía de gran aceptación entre los grupos intelectuales más abiertos de España y Portugal, no dudan en adquirir formación como ingenieros, a fin de desarrollar un proyecto de ampliación de las condiciones portuarias de su ciudad. Las publicaciones del gallego Francisco Seijas y Lobera y del vasco Antonio de Gaztañeta Iturrizaga formarán parte de las enseñanzas impartidas en el Colegio de San Telmo, fundado en 1681.

Estos espíritus inquietos, analíticos e individualistas suelen surgir precisamente cuando las condiciones, restricciones o trabas oficiales hacen más difícil un ejercicio normal de la investigación. Los novatores aparecen desde 1680 a 1730, tratando de introducir las ciencias modernas en nuestro país, encontrando casi siempre la oposición de las propias universidades. No resulta por ello extraño que estas personas aparezcan como algo marginal, periférico y adscrito a ambientes mercantiles, navales y comerciales, que necesitan desarrollarse como medio de supervivencia.

El caso del matemático más prestigioso de la segunda mitad del siglo xvii, Hugo de Omerique, nacido en una familia de comerciantes de Sanlúcar de Barrameda, elogiado de manera encendida por Newton, aparece hoy desgraciadamente ignorado para la generalidad³.

Afortunadamente, ellos, aun dentro del escaso reconocimiento que el movimiento novator pudo tener, prepararon el cambio que alumbrará en el siglo xviii. Unas mejores condiciones generalizadas, las ideas ilustradas y los favorables cambios sociales, políticos y económicos que tuvieron lugar, abrieron un proceso modernizador en España.

³ *Ibidem*, p. 101.

Este espíritu renovador será muy importante durante el reinado de Carlos III y sufrirá un receso con Carlos IV. Es evidente que las circunstancias políticas constituyen en estos casos un elemento dinamizador o, por el contrario, de decaimiento en los esfuerzos de crecimiento económico en los países. Sin embargo, el impulso alcanzado durante el reinado de Carlos III hizo que muchas figuras que iniciaron durante el mismo sus actividades científicas alcanzasen precisamente en el reinado siguiente su plenitud, pese a la crisis global que en ese último período conocerá España.

Se trató de acabar con el tradicional aislamiento que desde los tiempos de la Contrarreforma había venido siendo norma respecto a Europa. Fue Felipe V quien, en 1713, dicta una disposición por la que se facilita el que se trasladen a estudiar al extranjero con ayudas oficiales aquellos individuos que presenten mejores referencias intelectuales.

Los Borbones, y sobre todo Carlos III, buscaron decididamente tomar contacto con el exterior, como medio de acabar con el retraso tecnológico.

Al tiempo que se promueven estas iniciativas, se contratan científicos y técnicos extranjeros para que desarrollen aquí su labor docente o profesional. Aunque todas las disciplinas merecieron igual preocupación por parte de las autoridades, refiriéndonos al tema químico y minero-metalúrgico, es preciso citar la contratación de los franceses Francisco Chavenau y Luis José Proust, el sueco Tadeo de Nordenflicht y el alemán Federico Sonnenschmidt⁴.

Naturalmente, todas estas iniciativas no servirían de mucho si no se acompañaran de una profunda reforma de las instituciones docentes existentes en el país. Fue preciso acometer diferentes acciones de modernización tendentes a favorecer la reforma de las universidades, al tiempo que se trataba de favorecer en ellas los estudios científicos.

Todas estas decisiones obligaron a la creación de nuevas instituciones de carácter plenamente científico, en las que poder desarrollar en plenitud las nuevas ciencias. Algunas de estas instituciones eran dependientes de la Corona; otras tenían un carácter local, aunque apoyadas en menor o mayor grado por el poder central, y otras surgieron como consecuencia de iniciativas particulares.

Entre las primeras es obligado citar a las instituciones relacionadas con la Defensa, como las Academias de Guardias Marinas de Cádiz (1728) y de El Ferrol (1776), la Academia de Artillería de Segovia (1763), y el Seminario de Nobles de Madrid (1725), dependiente enteramente de la Corona. Entre las segundas, estaba la Academia de Ciencias de Barcelona, que, aunque de carácter local, contaba con cierto apoyo del poder central⁵. En cuanto a las instituciones surgidas a través de iniciativas particulares, están, entre otras, el

⁴ López Piñero, José María, *op. cit.*, p. 266.

⁵ Catálogo. *Carlos III y la Ilustración*, tomo II. Ministerio de Cultura, Madrid, 1988, pp. 684-685.

✱

COMPENDIO DE MATEMATICAS
DISPUESTO PARA LAS ESCUELAS DEL REAL
CUERPO DE ARTILLERIA DE MARINA,
BAXO LA DIRECCION DE
DON FRANCISCO XAVIER ROVIRA,
CAVALLERO DE JUSTICIA DE LA RELIGION
de San Juan , Capitan de Navio de la Real Arma-
da , Comisario General de la Artillería de ella , y
Comandante principal de las Brigadas del Real Cuer-
po de Artillería de Marina , con
ejercicio de Inspector del
mismo.

TOMO SEGUNDO.
DE LA GEOMETRIA ELEMENTAL.



CON LICENCIA EN CADIZ.

En la Imprenta de la Academia de Cavalleros
GUARDIAS MARINAS.
Año de MDCCLXXXV.

Instituto Asturiano de Gijón (1794), promovido por Jovellanos para formar ingenieros y pilotos; las escuelas de química, mecánica, náutica y botánica favorecidas por la Junta de Comercio de Barcelona (1758); y las Sociedades Económicas de Amigos del País que se extendieron por toda España, siendo focos de enorme importancia en la formación de enseñanza y trabajo en lo que se consideraba entonces «trabajos útiles».

Éstos son sólo algunos de los ejemplos significativos de esa especie de euforia por el progreso que el «siglo de las luces» enciende durante el siglo xviii en España.

Algunos proyectos sufrieron las vicisitudes propias de los avatares políticos; tal fue el caso del que presentaron en 1754 los marinos y científicos Jorge Juan y Antonio de Ulloa al marqués de la Ensenada. En aquella ocasión, la destitución del político dio al traste con el detallado estudio elaborado por los ilustres marinos para establecer en Madrid una Real Academia de Ciencias. Habría que esperar a 1785, ya con Carlos III, cuando éste, por medio de su primer secretario de Estado, conde de Floridablanca, daba cima al proyecto de creación de una Academia de Ciencias en Madrid. Desde 1785 a 1792 se construyó por Juan de Villanueva el magnífico edificio que debería albergar a la Academia, pero que, sin embargo, no alcanzó a ocupar, y que por fortuna más tarde llegaría a ser nuestra gran pinacoteca del Prado.

Cuando referíamos el esplendor obtenido gracias a los esfuerzos desplegados en España por los primeros Borbones, y muy particularmente durante el reinado de Carlos III, aducíamos que algunas de las numerosas personalidades surgidas alcanzaron su madurez intelectual en el período de Carlos IV. Ello, sin embargo, va a perderse lamentablemente al faltar el necesario respaldo de estabilidad política.

Uno de los ejemplos que pueden definir la triste situación de España en dicho período es la determinación de exiliarse del país cuando todo parece ceder en 1808, de uno de los científicos españoles más preclaros: Agustín de Bethencourt y Molina. Resulta difícil enjuiciar tal determinación sin conocer en profundidad sus íntimas razones, en una época en la que heroísmo y ruindad política dejan escaso margen a la razón. Precisamente por tratarse de una personalidad relativamente poco divulgada en sectores ajenos a los propiamente científicos, parece obligado dedicarle el reconocimiento debido como elemento representativo de la individualidad española en materia científica.

Bethencourt, nacido en 1758 en el Puerto de la Cruz, demostró desde muy joven excepcionales condiciones para el estudio, y al tiempo que recibía una esmerada y completa educación, demostró poseer especiales aptitudes para las ciencias. Teniendo diecinueve años, sentaba plaza como cadete en las Milicias Provinciales; a los veinte años era promovido a subteniente, habiendo inventado con su hermana María una máquina de hilar seda.

Afortunadamente, alguien, valorando las especiales condiciones que se apreciaban en el joven, aconsejó se trasladase a Madrid, ingresando en 1779



Grabado de Santa Bárbara, Patrona del Real Cuerpo de Brigadas de Artillería de Marina. Siglo xviii.

en los Reales Estudios de San Isidro. Al tiempo que destacaba brillantemente en Matemáticas, asistía a clases de Bellas Artes, donde tuvo de maestro a Maella, demostrando unas notables aptitudes artísticas.

Teniendo veintidós años fue destinado al Ministerio de Indias; desde ese destino, el conde de Floridablanca, apreciando su gran valía, le encargó trabajos de importancia. Fue nombrado Académico de Honor de la Real de Bellas Artes y Caballero de la Orden de Santiago. A instancias del conde de Floridablanca, permanece becado varios años en París para estudiar la ingeniería civil francesa y encargarse de la dirección de un grupo de pensionados españoles; en Londres logra, gracias a su gran capacidad y talento, desentrañar la máquina de vapor de Watt.

En 1791, de vuelta en Madrid, bajo su dirección se instaló el Real Gabinete de Máquinas. En 1799 funda la Escuela de Caminos y Canales, siendo instalada en el Buen Retiro. Permanece en Madrid hasta 1807, fecha a partir de la cual marcha a Londres, donde permanece algún tiempo, hasta que se dirige a París camino de Rusia, donde decide instalarse con su familia definitivamente.

Al servicio del zar Alejandro I, despliega una actividad inusitada realizando puentes, puertos, canales, edificios, ciudades y creando toda clase de máquinas. Puso de manifiesto su enorme capacidad como director, organizador y científico. Los reconocimientos recibidos fueron innumerables: teniente general de los ejércitos del zar, y fundador, allí también, de la Escuela de Ingenieros de la que fue director. Su muerte se produjo en 1824 en San Petersburgo⁶.

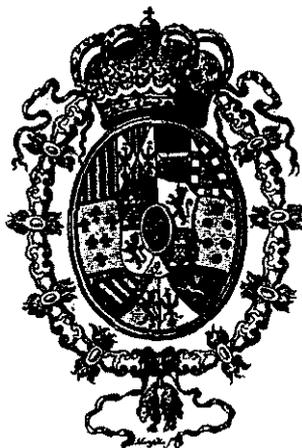
En el siglo XVIII, Europa es presa de una fiebre renovadora que trata de cambiar las viejas estructuras económicas, comerciales e industriales. En gran parte de los viejos Estados europeos, es evidente un afán de cambio profundo. Sin embargo, los entorpecimientos administrativos congelan muchas veces el desarrollo de las nuevas ideas.

El siglo es cartesiano. Descartes, teorizador, no supo plasmar sus principios de manera práctica. Por ello muchos piensan que el reinado de Descartes termina en el primer tercio del siglo XVIII, siendo sustituido por Locke y Newton. Éste, basando su física en la experimentación y el cálculo, venció a Descartes. Aplicando las matemáticas a los fenómenos naturales, supo extraer las causas de dichos fenómenos.

Cuando se difunden las técnicas adoptadas por países como Inglaterra, Francia, etc., se produce en los dirigentes españoles un interés muy vivo por introducir todas esas mejoras en nuestro país.

La búsqueda de nuevas tecnologías se persiguió de diferentes maneras. El medio más habitual era tratando de buscar técnicos extranjeros mediante la contratación, e incluso en algunos casos la utilización de prisioneros considerados de interés por sus conocimientos técnicos.

⁶ *Ibidem*, p. 266.



REAL CEDULA,

EN QUE S. M. MANDA ESTABLECER
una Fabrica de Cañones y Balería de Fierro
para surtir las Plazas de America , en la De-
hesa de Diego Diaz y Buceyte , sita en el
Termino de la Villa de Ximena,
perteneciente al Ducado de
Medina-Sydonia:

A P R U E B A

LA ESCRITURA DE ARRENDAMIENTO DE ELLA,
celebrada con el Duque de este Titulo , y encarga el Go-
bierno del referido Establecimiento á Don Josef de Galvez,
su Secretario de Estado , y del Despacho Universal de
Indias, en calidad de Superintendente absoluto , con
todas las facultades , é inhibiciones que
se expresan.

DE ORDEN DE SU Magestad.

En Madrid : Por Juan de San Martin, Impresor de la Secretaría de Esta-
do, y del Despacho Universal de Indias. Año de 1777.

Un caso singular, y no único, fue la ocasión que se presentó cuando un convoy inglés que se dirigía a América fue apresado por la escuadra de don Luis de Córdoba. Desde el primer momento se dio la orden de procurar un buen trato a los prisioneros con objeto de atraer su confianza y más tarde obtener su colaboración.

Uno de estos prisioneros, John Rilley, habilidoso técnico textil, constructor de máquinas, telares, tornos, etc., recibió un sustancioso contrato anual de 9.000 reales por la dirección técnica de la fábrica de tejidos de lana que Domezain, a la sazón intendente asistente de Sevilla, quería impulsar. A los 42 años, Rilley se bautizó en la iglesia de Santiago el Mayor de Sevilla. Su conducta, excesivamente apegada a la bebida, le acarreó la antipatía de sus socios capitalistas y no pocos problemas⁷.

El comisario de guerra, José Pérez Quintana, de quien dependían los 600 prisioneros ingleses en Sevilla, así como el asistente Francisco Antonio Domezain, en todo momento trataron de seguir las normas dictadas a fin de seleccionar a los apresados, según sus conocimientos profesionales.

La cuestión religiosa era una de las preocupaciones, ya que aunque había entre ellos algunos católicos, éstos eran una minoría.

La barrera religiosa, teniendo en cuenta la mentalidad de la época, se consideraba un escollo para conseguir su plena integración en la sociedad española. La catequización a la que fueron sometidos no tardó en materializarse. Las conversiones de muchos de ellos fueron para Domezain y Quintana un éxito, y ambos de manera entusiasta se prestaron a ser padrinos de ellos. Esta conducta, encaminada a captar las voluntades de determinados prisioneros, ha seguido siendo habitual en nuestros días. De todos es conocida la actividad desatada por las potencias vencedoras tras la Segunda Guerra Mundial por hacerse con los servicios de muchos de los científicos prisioneros, que llegaron a gozar de privilegios excepcionales.

En esta ocasión, Pérez Quintana, prototipo de aquellos eficaces y excelentes funcionarios del Despotismo Ilustrado, refleja un talante de hombre práctico, imaginativo y resolutivo. En todo momento, su gestión se encamina a procurar el mejor servicio a la administración, pero para conseguir unos objetivos concretos respecto a los prisioneros debe presentarse ante ellos con una imagen de credibilidad. La preocupación hacia los prisioneros, y el fruto que obtiene de ellos, es su éxito. Dedicó sus esfuerzos a encontrarles destinos adecuados a sus capacidades, y muchos de los católicos o convertidos recientemente decidieron quedarse en España. A éstos se les buscó trabajo para ejercer sus oficios libremente o se les permitió el ingreso en las Fuerzas Armadas.

⁷ González Enciso, Agustín, *Actas I Congreso de Historia de Andalucía. Andalucía Moderna. Siglo xviii*, tomo I, Córdoba, p. 262.

— Convertidos y dedicados a diferentes oficios	31
— Convertidos algunos, destinados a Guardias Walonas.....	19
— Destinados al Regimiento Ultonia	79
— Destinados a la Marina	13

142*

Mencionábamos cómo la preocupación tecnológica era una constante a lo largo de la segunda mitad del siglo XVIII. Los diversos conductos utilizados para la contratación de técnicos extranjeros representaba la necesidad imperativa de no dejar escapar el tren de la modernidad, en un sector tan significativo para la seguridad nacional como eran las industrias militares. Concretamente, la industria metalúrgica era uno de los sectores en los que la tecnología aparecía más celosamente preservada por parte de las potencias que habían conseguido un adelanto en tal sentido.

En 1750, la Fundición venía experimentando un continuado proceso de decadencia. Conociéndose los avances que en el proceso de fundición de cañones de bronce se estaban consiguiendo en Francia y otros países, hizo que en 1751 el marqués de la Ensenada impulsase de forma decidida una política encaminada a procurarse las nuevas tecnologías establecidas en Europa.

En este sentido, la Fundición de Sevilla cobró una especial relevancia. En ella se introdujo por primera vez el sistema de fundición en sólido establecido en 1750 en Francia por el franco-suizo Maritz⁹.

El camino iniciado para adaptar nuestras fábricas de fundición a los nuevos sistemas extranjeros va a seguir varios derroteros. Por una parte, se buscará conseguir el concurso de técnicos cualificados; por otro lado, se propiciará desarrollar, incentivar y prestigiar, dentro del colectivo de los profesionales del Ejército y la Marina, el interés hacia los conocimientos científicos.

En este último caso, la preparación proporcionada por los nuevos planes de estudios, complementados con cualificados cuadros de profesores —muchos de ellos extranjeros—, iba a dar muy pronto resultados verdaderamente importantes.

El marqués de la Ensenada fue, pues, quien decidió poner en práctica una acción para formar, no sólo técnicos sino directivos que introdujesen en nuestro país los nuevos modos que propiciasen un cambio profundo de las estructuras.

El estímulo hacia la investigación en los nuevos centros militares de enseñanza va a producir brillantes iniciativas en ese sentido.

* *Ibidem*, pp. 260-261.

⁹ Helguera Quijada, Juan, «Primeros intentos de renovación tecnológica en la Fundición de Artillería de Sevilla, a mediados del siglo XVIII. 1757-1765», *Actas II Coloquio Historia de Andalucía*, Córdoba, 1983, p. 468.

Al tiempo, salían de España, en misión secreta, un selecto número de oficiales. —principalmente de Artillería—, elegidos por sus condiciones intelectuales y profesionales. Durante casi diez años recorrieron algunos de los países europeos más adelantados. Su empeño iba encaminado a obtener toda la información posible relativa a las industrias militares, buscando con especial interés los renovadores procedimientos técnicos de fundición de cañones de bronce en sólido¹⁰.

Como actuación complementaria a la salida de los oficiales, a partir de 1756, el conde de Aranda, desde su puesto de Director General de Artillería, emprende una acción encaminada a traer a España técnicos extranjeros. Pese a que su estancia en dicho cargo fue de año y medio —desde julio de 1756 a enero de 1758—, su iniciativa no se vería interrumpida, sino que sería continuada hasta final de siglo.

Las negociaciones para atraer a nuestro país a esos técnicos extranjeros empezaron en 1757 y se prolongaron hasta 1775. Los primeros que llegaron fueron un grupo de franceses, encabezados por Jean Drouet. Su estancia se prolongó desde 1757 a 1760¹¹. En 1761, sería un maestro fundidor natural de Bohemia quien prolongaría su estancia desde 1761 a 1765¹². Los resultados obtenidos no fueron todo lo alentadores que se esperaban; ello precipitó el que decididamente se dirigiesen las gestiones hacia el inventor del nuevo procedimiento técnico de fundición en sólido: Jean Maritz.

Un desencadenante que actuó también favorablemente como revulsivo para romper el marasmo en que se encontraba nuestra tecnología de fundición fue la confrontación bélica con Portugal de 1762-1763. En dicha campaña, nuestros responsables militares advirtieron la poca esperanzadora realidad en que se encontraba nuestra Artillería.

Los progresos difundidos sobre la Artillería francesa sirvieron de modelo a seguir; se pretendía así iniciar una reforma en profundidad de nuestras anticuadas fábricas de armamento.

Las buenas relaciones existentes con Francia favorecieron las gestiones encaminadas a traer a España a Jean Maritz, el máximo responsable de las fundiciones del país vecino.

Dentro de estas preocupaciones por buscar un desarrollo industrial adecuado al espíritu de la época y a las necesidades reales de nuestro país, cabe incluir los trabajos llevados a cabo por algunos personajes que, uniendo a su condición de militar —marino— una preparación científica muy importante, supo encarnar ese espíritu, al que antes aludíamos, de interesar a los profesionales militares en las labores científicas e industriales.

¹⁰ *Ibidem.* p. 468.

¹¹ *Ibidem.* pp. 469-474.

¹² *Ibidem.* pp. 474-476.

El descubrimiento del platino, tras su expedición científica al Perú, convierte al marino Antonio de Ulloa en prototipo del profesional militar, firmemente asentado en las preocupaciones por encontrar caminos de la modernidad a la decadente tecnología de nuestro país. Junto al también ilustre marino Jorge Juan, participaron, en el viaje organizado por la Academia de París, figuras tan prestigiosas como La Condamine, Bouger, etc.

Los dos españoles permanecieron once años en América del Sur realizando actividades muy variadas en los campos militar y político. Será su contribución científica la que queremos recoger, por la importancia, valoración y reconocimiento que sus trabajos merecieron tanto a nivel nacional como internacional.

A ellos se deben el trazado de las defensas de las costas del Perú y la medición del meridiano; realizaron también una inmensa labor cartográfica, astronómica, física y geopolítica. Ello supuso, junto a otros personajes como Betancourt y un largo etcétera, la integración española a la ciencia moderna.

A su regreso de Sudamérica, en 1746, tanto Ulloa como Jorge Juan decidieron, con el apoyo del marqués de la Ensenada, publicar sin demora los resultados científicos derivados del viaje. Así, en 1748 escriben conjuntamente *Observaciones astronómicas y físicas*, obra que tuvo problemas con la Inquisición. Con ello, sin duda, querían anticiparse dando a conocer nuestro protagonismo en la empresa, evitando así que fuese silenciada su contribución por los franceses. De esta manera, la posterior publicación francesa dando cuenta de los resultados científicos de la expedición no podía ignorar, como en otras ocasiones, nuestra decisiva participación.

La memoria histórica española está suficientemente plagada de apropiaciones, sorpresas, omisiones y distorsiones en relación a hechos relativos a nuestra contribución internacional. En parte porque hemos declinado ofrecer una adecuada y oportuna información cuando era preciso, y también por la opción de aislamiento político que durante mucho tiempo asumió la diplomacia de nuestro país.

La inteligencia y la previsión era algo que siempre caracterizó tanto a Jorge Juan como Antonio de Ulloa, hasta el punto de que para efectuar el viaje de regreso decidieron hacerlo en barcos distintos para evitar que, en caso de producirse algún percance, se perdiesen los resultados obtenidos de sus trabajos. En efecto, así sucedió, ya que el sevillano Ulloa fue hecho prisionero por los ingleses, que le confiscaron sus documentos. No obstante, los británicos, tras advertir la calidad del prisionero y su condición de científico, le trataron con la mayor deferencia, hasta el punto de ser nombrado en Londres miembro de la Royal Society.

Durante toda su vida desplegó una intensa actividad científica y docente, promoviendo organismos tales como el Observatorio Astronómico de Cádiz, el primer gabinete de Historia Natural y el primer laboratorio de Metalurgia.

A Ulloa debemos también las primeras nociones sobre el platino como cuerpo simple y no compuesto. En la obra *Relación Histórica del viaje a la*

América Meridional, de 1748, Ulloa describe cómo «en el Partido de Chocó habiendo muchas minas de lavadero, tal vez se hallan minerales, donde la platina, piedra de tanta resistencia, que no es fácil romperla, ni desmenuzarla con la fuerza del bloque sobre el yunque de acero, es causa de que abandonen, porque ni la colación la vence, ni hay árbitro para extraer el metal que encierra, sino a expensas de mucho trabajo y costo»¹³.

Jorge Juan, el inseparable compañero de Ulloa, en el prólogo de *Observaciones astronómicas y físicas* nos relata cómo Ulloa considera el platino como metal simple y no compuesto. Por su aportación científica fue nombrado miembro de las Academias de Suecia, Berlín, Copenhague, Leipzig y otras instituciones internacionales.

Carlos III encarga a Ulloa que le remita un informe sobre la manera de regular la extracción de tan preciado metal. En el mismo, realizado en 1788 en la Isla de León, Ulloa expresa de manera explícita la forma más adecuada para conseguir un rendimiento lo más beneficioso posible para España.

Los observadores militares enviados a distintos países europeos son otro de los procedimientos habituales utilizados para conseguir información de carácter no únicamente militar, sino técnica e industrial.

La existencia de observadores militares españoles en la Guerra de los Siete Años no resulta algo insólito: por el contrario, hay que enmarcarlo en ese afán de recabar información de carácter militar, industrial y tecnológico.

Esa preocupación por formar profesionales con amplios conocimientos interdisciplinarios es algo que está en la línea de cuanto venía propugnando la Ilustración.

De hecho, cuantos asistieron en calidad de observadores militares adscritos a los ejércitos austriaco, ruso, sueco o francés, van a tener posteriormente una importante participación en las reformas que emprenderá Carlos III. Todos llegarán a ocupar cargos de responsabilidad en la administración. De esa manera iban a tener la oportunidad de ser responsables muy directos de la aplicación de las mismas. Su misión no iba a estar circunscrita a cuestiones exclusivamente militares relacionadas con la táctica, organización, medios y logística, sino que irá también encaminada a los aspectos industriales y tecnológicos.

Nada más esclarecedor al respecto que lo que manifestaba el Director general de la Artillería e Ingenieros, don Jaime Masones de Lima y Sotomayor, al Secretario de Estado don Ricardo Wall, refiriéndose a los oficiales observadores don Francisco de Estachería y don José de Manes. Proponía aquél al Secretario de Estado que ambos regresaran para aprovechar sus conocimientos: «... Pues además de lo peculiar de su oficio militar e inteligencia en la parte de la artillería y fortificación han adquirido noticias y enseñanza especial

¹³ Ulloa, A. de, y Juan, Jorge, *Relación histórica del viaje a la América Meridional*, 2 tomos. Fundación Universitaria Española, Madrid, 1978.

en materias de minas y modo de trabajarlas, en agricultura, comercio y fábricas, habiendo visto cuánto ofrecen las primeras en Hungría, Sajonia, Hanover, Suecia e Inglaterra, y en este último reino, que en Holanda, y aquí lo relativo a los otros ramos».

Valorando dichos conocimientos, añadía: «Entiendo que el interés del real servicio pide que a tales sujetos se les lleve por los términos de la antigüedad para recompensarlos, antes bien que se les debe adelantar en consideración a sus talentos, capacidad y luces para que se logre la utilidad que éstas permiten y de que tanto necesita el bien de la Patria»¹⁴.

En 1759, Carlos III, accediendo a la propuesta de Masones, autorizó el regreso de los oficiales, sufriendo algún retraso el retorno de ambos debido a que Manes se encontraba en Lieja «visitando una fábrica de fundir cañones».

Esta noticia sobre la demora en el regreso nos permite constatar cómo los frentes abiertos para obtener información relativa a la tecnología de fundición de cañones son muy diversos; todo ello es indicativo de la preocupación que el tema despierta en los responsables políticos españoles.

Hemos manifestado anteriormente cómo la administración española miraba con enorme preocupación el retraso tecnológico que se advertía en relación con otros países europeos. La inquietud se extendía en los ámbitos del poder, conscientes de que era imprescindible romper con el largo estancamiento o despreocupación hacia los temas científicos. La revolución industrial iniciada en Inglaterra comenzaba a ser seguida por otros países europeos; España, que tenía importantes responsabilidades políticas a nivel internacional, empezaba a sentir la urgencia de operar una profunda reforma de su aparato industrial.

Centrándonos en el punto que nos ocupa, los problemas que se cernían en la metalurgia eran, por su relación con la fundición de cañones, algo de suma importancia.

El hecho de contratar expertos extranjeros, el practicar el espionaje industrial, facilitar la concesión de becas a oficiales de artillería y civiles al extranjero para estudiar las más avanzadas técnicas practicadas en Europa, como el introducir en los programas de estudios de las academias militares las materias químicas e industriales, supone el comienzo de un proceso destinado a alentar, prestigiar e incentivar el interés por dichos conocimientos entre los propios profesionales militares.

El viejo desdén hacia el trabajo y lo que la ciencia tenía como ejercicio laboral, va a ir superándose, y es justo reconocer que desde la propia Corona se respaldaron y propiciaron iniciativas en dicho sentido.

La importancia de la química en las labores de fundición hará que durante el siglo XVIII crezca el interés por el estudio de esta ciencia.

¹⁴ Redondo Díaz, Fernando, «Observaciones militares españolas en la guerra de los Siete Años». Varios autores. *Temas de Historia Militar*, Zaragoza, 1988, p. 396.

Desde 1700 existía en Sevilla la «Regia Sociedad de Medicina y otras Ciencias», entre cuyos miembros existían novatores que introdujeron en nuestro país gran parte de las teorías químicas practicadas sobre todo en Francia. Sin embargo, sería gracias a la contratación de importantes científicos extranjeros, efectuada por la administración central, como llegarían a nuestro país las novedades más importantes de esta ciencia.

Chavenau (1754-1852), Luis Proust (1754-1826), discípulo de Lavoisier, que trabajó en Vergara, Segovia y Madrid, y que aquí en España descubrió la Ley de las proporciones definidas, dando lugar a una polémica con Berthelot. Proust, ejerciendo como profesor de los cadetes de la Academia de Artillería de Segovia, sólo tuvo un discípulo importante: el capitán Juan José Munárriz, quien traduciría en 1794 el libro de química publicado por Lavoisier en 1789.

Ensenada, atendiendo propuestas de Ulloa, decide enviar al extranjero tanto a jóvenes oficiales como a científicos españoles, para que se formen en el conocimiento de las técnicas y ciencias navales. Muchos de los estudiantes más brillantes van así a verse beneficiados gracias a las ayudas oficiales.

La preocupación por favorecer una especialización llevó a disponer que los colegiales más brillantes de Cádiz fuesen becados a Bolonia, Lovaina, Leyden y París.

Una Real Orden del 19 de octubre de 1784 disponía que el colegial Juan Manuel de Aréjula marchase a estudiar química en París con Fourcroy.

Juan Manuel Aréjula y Bruzet, que ingresó a los diecisiete años de edad en el Colegio de Cirugía de la Armada en Cádiz, tras matricularse en el curso que en París dirigía Fourcroy, introdujo en España la moderna nomenclatura química divulgada por el químico francés.

Aunque ya hemos citado anteriormente la preocupación existente en la administración central por recuperar el atraso tecnológico que padecía nuestro país, esto resultaba más preocupante cuando se trataba de algo tan sensible para la propia seguridad como la fundición de cañones.

La política española tras la llegada de los Borbones había recuperado de manera ostensible su peso político, económico y cultural. Nuestros intereses no podían ser defendidos adecuadamente si nuestra industria metalúrgica de carácter militar no se adaptaba a las otras potencias europeas, introduciendo los métodos de «fundición en sólido» en la fabricación de cañones de bronce.

Por ello, tanto la Armada como la Artillería manifiestan más que nadie ese interés científico. Su papel se verá acrecentado al poder considerar «estratégica» la industria de la fundición de cañones.

La adaptación de esa nueva tecnología significaba contar con las notables ventajas que tal sistema aportaba a la mejora de las condiciones balísticas y de duración que adquirirían las piezas.

El sistema antiguo empleado de «fundición en huco» venía representando graves inconvenientes como consecuencia de que el ánima del cañón no resultaba concéntrica con el exterior del cañón, afectando consecuentemente a la dirección del tiro. Igualmente, la superficie interior del ánima presentaba

gran rugosidad e irregularidades, originando que el proyectil golpeará contra las paredes de manera violenta, provocando de esta manera la pronta ruina de la pieza. Por otra parte, en la «fundición en hueco» el proceso de enfriamiento y solidificación de las paredes internas y externas no era igual, siendo más lento en el interior, lo que provocaba que apareciesen grietas y cavidades en la superficie del ánima, produciendo una notable resistencia a la salida del proyectil¹⁵.

Al realizarse la fundición con un ánima postiza se reforzaba la zona próxima a la culata o zona retrasada del cañón a consecuencia del debilitamiento que se producía en dicha zona.

Antonio de Ulloa, al que junto a Jorge Juan tantas veces hemos mencionado, antes de partir hacia el Perú conoció en Cádiz al teniente de Minadores Enrico Enríqui. Enríqui había estado trabajando en las fundiciones de Sevilla y Barcelona y sus conocimientos sobre fundición debieron impresionar a Ulloa, quien, a pesar de que Enríqui no perteneciese a la Armada, decidió proponerlo como experto en la misión de visitar las más importantes fundiciones europeas de artillería de bronce¹⁶.

Mencionamos anteriormente los difíciles, complejos y en ocasiones desafortunados resultados que se desprendieron de la estancia en España de los primeros técnicos extranjeros que como Drouet, Potevin, etc., que fueron contratados para introducir aquí sus métodos de fundición en sólido.

Al fin, con la costosa contratación oficial de Maritz, máximo responsable de las fundiciones francesas, pareció iniciarse un planteamiento serio no sólo introduciendo el nuevo método, sino proyectando y construyendo de nueva planta las dos grandes Fábricas de Artillería de Sevilla y Barcelona, levantándose bajo su dirección los grandes hornos, almacenes y demás partes anejas, al tiempo que se construían locales para la instalación en ellos de sus famosas máquinas de barrenar.

No obstante, como ocurre generalmente cuando se abre un debate de esta naturaleza, existen muchas disparidades entre quienes apuestan por lo que consideran renovador y aquellos que se resisten a abandonar los métodos o sistemas tradicionales.

En el caso de la metalurgia del hierro, que era la que más interesaba a la Marina, la fundición en sólido resultaba frágil, al someter las piezas a las duras pruebas de ordenanza antes de ser aceptadas. El rechazo de gran número de piezas, por no ser aceptables, levantó el malestar de los profesionales de la

¹⁵ Paredes Salido, Fernando, y Capitán Vallvey, Luis Fermín «La reforma de la metalurgia española en el siglo XVIII tras el viaje de don Jorge Juan y don Antonio de Ulloa a la América Meridional. El descubrimiento del platino». *Temas de Historia Militar*. Varios autores, tomo III, Zaragoza, 1988, p. 78.

¹⁶ *De Antonio de Ulloa al marqués de la Ensenada*. Marsella, 24 de noviembre de 1749. AGS, Secretaría de Marina, legajo 712.

Armada, lo que llevó a que en 1770 se importase gran cantidad de artillería de Inglaterra¹⁷.

Las autoridades de la Marina, asesoradas por Ulloa, decidieron incrementar la investigación sobre la metalurgia del hierro, encargando a los laboratorios de Vergara y Madrid tales responsabilidades, dada la decadencia que venían arrastrando las empresas siderúrgicas oficiales de La Cavada y Liérganes.

La Administración decidió solicitar un informe al Capitán de Navío José Vicente Mazarredo, de origen vasco, quien a la sazón era profesor de la Academia de Guardias Marinas de San Fernando, para que emitiese como experto su parecer. Mazarredo opinó que los métodos empleados por la industria española del hierro eran anticuados y que únicamente introduciendo la investigación basada en la ciencia se podía propiciar el progreso. Las medidas que propone al Ministerio de Marina son que financie su propuesta, envíe a Sajonia y Suecia a varios mineros para que aprendan las técnicas allí empleadas y tras su regreso puedan ser implantadas en España.

En estas operaciones, las Sociedades de Amigos del País, y muy concretamente el Seminario Patriótico de Vergara, jugaron un papel muy destacado. La razón era obvia: la tradición de la industria metalúrgica del hierro en el País Vasco y la concentración de tales industrias en dicha zona hacía que las mismas mantuviesen un liderazgo y unas ventajas indiscutibles en tales cuestiones. Mazarredo recibió el encargo de mantener conversaciones con la Sociedad Vascongada. Fruto de las mismas, redactó un informe por el que, en julio de 1777, proponía el envío de jóvenes españoles a fábricas y minas del norte de Europa para aprender la fabricación de cañones; al tiempo, proponía la creación de dos cátedras en el Seminario Patriótico de Vergara: una de Química y Metalurgia y otra de Mineralogía y Ciencias Subterráneas.

Para dirigir la cátedra de Mineralogía se designó a Fausto Elhúyar, que hasta entonces había estado en París cursando estudios de Medicina, y más tarde había completado sus conocimientos realizando un viaje de estudios por Alemania y Austria. Tras esta andadura formativa, en octubre de 1781 comenzaba su carrera como profesor en Vergara.

Con los estudios realizados en Vergara sobre el platino, en 1784 se lograba elaborar el mismo en los laboratorios del Real Seminario Patriótico de aquella ciudad. Con ello se encontraba una solución a los males que tenía planteada la fundición de cañones en el Ejército y la Armada. Con las aleaciones empleadas venía detectándose cómo tras un empleo prolongado, en ocasiones, los cañones se cuarteaban.

A Tomás de Morla, uno de estos oficiales de artillería, gran tratadista de las cuestiones relacionadas con los aspectos científicos de la artillería, se de-

¹⁷ Gil Osorio, F., «Artillería británica para la Marina española del siglo xviii», *Actas II Coloquio de Historia de Andalucía. Andalucía Moderna*, tomo I, p. 274.

be uno de los mejores y más completos tratados relativos a la industria metalúrgica.

En 1784 publica en Segovia su *Tratado de Artillería para el uso de la Academia de Caballeros Cadetes del Real Cuerpo de Artillería*. En dicho tratado se queja Morla de que hasta entonces no se habían puesto los medios necesarios para remediar los males que aquejaban a las tareas de las fábricas de artillería, manifestando que «ha estado abandonada la fundición de estas piezas á Asentistas, ó Fundidores que carecían de ciencia, y eran unos meros prácticos: el ojo del Oficial no registraba las operaciones, y sólo debía intervenir en la aprobación de las piezas»¹⁸.

El gran debate que se inicia desde el punto de vista tecnológico tiene relación con la resistencia y precisión de los cañones. La fundición y las mejoras que en tal sentido puede aportar el nuevo sistema de «fundición en sólido», respecto al tradicional de «fundición en hueco» o de «ánima postiza», mueve los esfuerzos de nuestros dirigentes por conocer el nuevo sistema, valorar su bondad y, si ello es así, tratar de implantarlo en nuestras fábricas de cañones de Sevilla y Barcelona.

Morla afirma que las ciencias que tienen relación con las materias físicas «envuelven cierta obscuridad nacida de la ignorancia, en que estamos, del modo con que obra la naturaleza, que dá origen á las opiniones más absurdas, y contradictorias. Para desvanecerla en parte, no hay otros medios que la observación, y la experiencia»¹⁹.

El concepto empírico que parece arrastrar Morla se desliza, sin embargo, hacia el racionalismo cuando, tratando de conciliar ambas ideas, añade a continuación: «Comparando, y haciendo análisis de quanto resulte, se puede llegar hasta sus primeras leyes; pero se debe conservar siempre el modo de raciocinar de los Geometras, y tener cuidado de que las experiencias estén acordes con los razonamientos»²⁰.

Considera que la fabricación de las piezas de artillería es de las cosas más complicadas, tanto en lo concerniente a las labores de fundición propiamente técnicas como a los modelos a fabricar según las misiones de fuego que deban cumplir.

Para llegar a ser un experto en la fabricación de cañones de bronce «se necesita ser físico, geómetra, chimico y militar, todo en superior grado, y además poder disponer de quantiosos caudales para hacer experiencias; pues las más de las que se requieren son costosísimas, y sólo pueden ser executadas por la munificencia de los Soberanos»²¹.

¹⁸ Morla, Tomás de, *Tratado de Artillería para uso de la Academia de Caballeros Cadetes del Real Cuerpo de Artillería*. Segovia, 1784, p. 274.

¹⁹ *Ibidem*, p. 87.

²⁰ *Ibidem*, p. 87.

²¹ *Ibidem*, p. 88.

En este análisis que desarrolla Morla, expone cómo las opiniones muchas veces encontradas de las experiencias realizadas obligan a dar unas nociones generales de los diferentes asuntos que componen el Tratado, para no formar Oficiales exclusivamente prácticos que desdeñen otras opiniones. Dejaba así abierta una puerta a la preocupación personal por la investigación.

La exposición de las distintas cuestiones que nos interesan particularmente las desarrolla en el segundo de los cuatro tomos de que se compone el citado tratado. Dentro del citado segundo tomo, el segundo artículo, dividido en cinco números, será al que nos referiremos, por interesar especialmente a las cuestiones referidas a la fundición de cañones de bronce.

He aquí las materias tratadas: 1.º El cobre, el estaño, afinos y ligazones. 2.º Moldería, arcillas, materias y útiles que se utilizan. 3.º Hornos, modos de fundir y arreglar las piezas. 4.º Modos de efectuar el reconocimiento y prueba de las piezas y modos de apreciar su calidad. 5.º Exposición de las ventajas y defectos de las fundiciones en sólido y en hueco.