

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA  
EN ESPAÑA**

**I**

**EL RENACIMIENTO**  
**De la técnica imperial y la popular**

Alicia Cámara Muñoz	M. <sup>a</sup> Jesús Mancho Duque
Jordi Cartaña i Pinén	Pedro Mora Piris
Fernando Cobos Guerra	Fernando Sáenz Ridruejo
Jesús Criado Mainar	Julio Sánchez Gómez
Mariano Esteban Piñeiro	Manuel Silva Suárez
Nicolás García Tapia	M. <sup>a</sup> Isabel Vicente Maroto
Miguel Á. Granada Martínez	Siro Villas Tinoco
Alexander G. Keller	

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA  
INSTITUCIÓN «FERNANDO EL CATÓLICO»  
PRENSAS UNIVERSITARIAS DE ZARAGOZA

Publicación número 2.829  
de la  
Institución «Fernando el Católico»  
(Excma. Diputación de Zaragoza)  
Plaza de España, 2 • 50007 Zaragoza (España)  
Tels.: [34] 976 288878/79 • Fax [34] 976 288869  
ifc@dpz.es  
<http://ifc.dpz.es>

#### FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA SUÁREZ, Manuel  
*El Renacimiento: De la técnica imperial y la popular* / Manuel Silva Suárez. —  
Zaragoza: Real Academia de Ingeniería : Institución «Fernando el Católico» :  
Prensas Universitarias, 2008

760 p. : il. ; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España ; I)  
ISBN: 978-7820-XXX-X

1. Ingeniería-Historia-S. XVI y XVII. I. SILVA SUÁREZ, Manuel, ed. II. Institución  
«Fernando el Católico», ed.

© De los textos, sus autores.

© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico»,  
Prensas Universitarias de Zaragoza, 2008.

Cubierta: Diversos modelos de alambiques recogidos por Miguel Agustí en el libro  
*Secrets d'Agricultura, casa rústica i pastoril* (Barcelona, 1617). El uso más  
común de estos ingenios era la destilación de licores. No obstante, con el  
objetivo de conseguir restaurativos medicinales, también se empleaba para  
conseguir extractos de flores, cortezas, frutas y raíces, e incluso de animales  
como ranas, garzas, babosas u hormigas.

Contracubierta: Para romper una pieza defectuosa de artillería se construía un peque-  
ño horno con el que se le calentaba por el lugar deseado. Una vez alcanza-  
da la temperatura adecuada se rompía con golpes de maza. Con objeto de  
avivar el fuego se solía emplear una pareja de barquines como los mostra-  
dos. (*Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga, en que trata de la Artillería y  
de todo lo necesario a ella con un tratado de fortificación y otros adverti-  
mientos*, Milán, 1611; fig. 27).

ISBN: 978-84-7820-814-2 (obra completa)

ISBN: 978-84-7820-975-0 (2.ª edición ampliada del volumen I)

Depósito Legal: Z-XXXX-08

Corrección ortotipográfica: Marisancho Menjón y María Regina Ramón

Maquetación: Littera

Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza

IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

# Teoría y práctica en los tratados de artillería

Mariano Esteban Piñeiro  
Universidad de Valladolid

En los ciento cincuenta años que van desde las últimas décadas del siglo xv hasta las primeras del seiscientos, la artillería pasa de ser casi una anécdota en las confrontaciones bélicas a constituir un elemento esencial en las batallas, tanto desde el punto ofensivo como defensivo, tanto en la lucha en tierra como en el mar.

El inicio del siglo xvi coincide con el final de la artillería de hierro forjado, que había caracterizado al cuatrocientos, con la aparición de la artillería de bronce y con la utilización sistemática de minas explosivas. Estas dos novedades supusieron una auténtica revolución en las artes y técnicas de la guerra, especialmente en la arquitectura militar y en la propia estructura de los ejércitos.

La feliz utilización por el Gran Capitán de la artillería y las minas en la campaña de Nápoles, especialmente en las voladuras de los castillos napolitanos por el ingeniero militar Pedro Navarro en 1503, fue el inicio del prestigio de la artillería española en Europa, prestigio que se mantuvo durante todo el período en estudio y que comenzó su ocaso especialmente con la derrota naval española frente a los holandeses en la llamada batalla de las Dunas (1639), debida en esencia a una menor eficacia de la artillería española y a un deficiente aprovisionamiento de la pólvora necesaria.

La hegemonía militar española se sustentó fundamentalmente, tanto en Italia como en los Países Bajos, en una eficaz utilización de la artillería y en una arquitectura militar innovadora y fuertemente relacionada con el progreso de aquella.

Pero, como idea básica, hay que aclarar que esos avances fueron esencialmente fruto de la experiencia obtenida en tantas batallas como sucedieron en este período. Las mejoras en la fundición de las piezas, en la fabricación de la pólvora y en el transporte y manejo de las piezas no fueron consecuencia de los progresos en los conocimientos teóricos sobre fundición, ni sobre la química de la combustión ni, mucho menos, de los relacionados con el movimiento de los proyectiles. En todos estos campos evidentemente hubo grandes avances teóricos, pero estuvieron siempre muy alejados del quehacer castrense y, en la mayoría de las ocasiones, fueron consecuencia de los intentos de explicar lo que la práctica había enseñado.

Consecuencia lógica de esta creciente presencia de la artillería fue la necesidad de contar con un alto número de «artilleros» y de especialistas en las distintas técnicas relacionadas con la artillería. Y la formación de esos técnicos fue continuo objeto de debate durante todo ese tiempo: por un lado, los que defendían que esa formación debía adquirirse en los propios ejércitos y la experiencia conseguirla en campaña. Otra posición, defendida mayormente por cortesanos, era la de la enseñanza en academias creadas al efecto en determinadas guarniciones, castillos y fundiciones. Como se ha visto en el capítulo 5 de este mismo volumen, «Instituciones para la formación de los técnicos», las academias de artillería tuvieron su mayor actividad en las últimas décadas del siglo XVI, pero sin ser la fuente principal de los artilleros que sirvieron en los ejércitos.

Con el fin principalmente de ayudar a esa formación se elaboraron a lo largo de este período un número relativamente alto de tratados sobre artillería, además de otros más generales sobre arte militar. La mayor parte de aquellos tenían como objeto proporcionar los conocimientos «útiles» al artillero en el desempeño de sus funciones. Por tanto, su enfoque era esencialmente práctico, entrando muy escasamente en cuestiones teóricas. Casi siempre que esto se hacía obedecía más al interés del autor por demostrar conocimientos «matemáticos» que por considerar realmente necesaria esa aportación, actitud que era más frecuente cuando el autor no era estrictamente un «hombre de guerra».

Por este motivo, no debe buscarse en los tratados de artillería de esta época, españoles o del resto de Europa, información sobre el nivel de los conocimientos teóricos de su autor, ni del país al que este pertenezca. Los avances teóricos se encuentran en obras de carácter más general, casi siempre en tratados de geometría, y escritos por personas no estrechamente vinculadas a la milicia.

## I

### LO QUE DEBE SABER UN ARTILLERO

Con frecuencia, los tratados de artillería de los siglos XVI y XVII dedican las primeras páginas a resumir el contenido, justificándolo con títulos como «Lo que debe saber un artillero», pues una vez aclarado esto, su desarrollo, más o menos amplio, sería el total de la obra.

Como ejemplo ilustrativo, y que servirá de referencia en el resto del trabajo, se recoge lo que aparece en el último de los tratados españoles de artillería publicados antes de concluir nuestro período en estudio, *Plática manual y breve compendio de Artillería* (Madrid, 1626), por Julio César Firrufino, catedrático de Matemáticas y Fortificación<sup>1</sup> del Consejo de Guerra y dedicada al marqués de la Hinojosa, capitán

---

<sup>1</sup> Sobre esta cátedra ver M. I. VICENTE MAROTO y M. ESTEBAN PIÑEIRO, 2006.

general de la Artillería de España. Ampliada, volvió a editarse en 1642 bajo el título de *El Perfeto artillero. Theorica y Practica*<sup>2</sup>, estando ahora dedicada al Marqués de Leganés, el nuevo Capitán General de la Artillería de España. Según parece, la intención del autor fue la de publicar una obra más extensa ya de inicios, en 1626, pero el Consejo de Guerra desaconsejó al rey la concesión de la licencia de impresión, por considerar que revelaba detalles de interés estratégico. Tanto en la *Plática* como en el *Perfeto Artillero*, Firrufino dedica los primeros capítulos a los conocimientos esenciales que debe tener un artillero para cumplir bien su oficio, que podríamos resumir así: saber elaborar adecuadamente las distintas clases de pólvora, distinguir con claridad los diferentes tipos de piezas y reconocer su estado, construir y manejar el conjunto de instrumentos necesarios para cargar y limpiar las piezas y conocer cómo hay que utilizar los instrumentos geométricos que se emplean para conseguir tiros adecuados según la pieza que dispara.

Junto a estos conocimientos esenciales, el artillero debe saber construir las cucharas con las que alimentar a las distintas piezas, las defensas (cestones) con que protegerlas, el montaje de madera (cureña) en que van encabalgadas y los «carriones» y carromatos en que se van a transportar. Además debe conocer cómo preparar el terreno para que la batería esté adecuadamente emplazada. Pero, para tener una más exacta información sobre todos esos saberes necesarios al artillero, leamos directamente a Firrufino, epítome de los grandes tratados de artillería renacentistas:

[el artillero] tiene necesidad de saber reconocer y hacer distinción de la pólvora fina a la ordinaria [...] debe saber conocer y reconocer la bondad y seguridad de las piezas, [...] Deben saber la fábrica y composición de los cestones [...] Deben saber reconocer la bondad que ha de tener la cuerda que ha de servir para dar fuego a sus piezas, y saberlas hacer. Deben saber como cosa esencial cortar las Cucharas y Cartuchos para cargar con razón sus piezas, saber escuadrar las láminas de cobre [...] Deben asimismo hacer distinción de los géneros de piezas [...] Deben saber buscar el viuo a una pieza para saber tirar con él, y saberle repartir, y la diferencia que hay en el tirar por el raso del ánima y raso de los metales y demás tiros, y en qué manera se buscarán las joyas y se pondrán los puntos a una pieza, y saber las causas que después de estar perfectamente apuntadas hace el tiro descompuesto. Han de saber, como cosa principal en este ministerio, cómo se ha de tirar en la mar, y como las piezas que del mucho tirar se ponen calientes y peligrosas de reventar cómo se hayan de refrescar [...] Deben saber con qué cantidad de pólvora se cargarán las piezas [...] Deben saber asimismo reconocer el encabalgamiento y si el en que está situada la pieza está con la proporción que le pertenece, así para en campaña como para la mar; conviene sepan dar el viento a las balas que han de servir a sus piezas de forma que ni entren muy holgadas ni muy apretadas [...] Debe saber hacer el cálibo, y examinarle para saber si el que lo formó lo hizo con debida proporción, así para balas de hierro, plomo y piedra. La escuadra, principal instrumento para el uso de la artillería, la debe saber hacer y examinar [...]. Debe saber hacer el nivel, y graduarle, y de qué sirve para el uso de la artillería. Saber formar

<sup>2</sup> La Academia de Artillería reeditó esta obra en 1989.

el cuadrante, y cuadrado geométrico, con la graduación que usan los geómetras [...] Conviene sepa medir una distancia, sea horizontal y diametral, porque mediante ella, y lo que cada pieza tirare en cada grado o punto de escuadra que fuere elevada, pueda dar razón si sus baterías serán de efecto; de cuyas advertencias, y otras muchas, se tendrá con claridad y distinción entera noticia en este nuestro tratado.

Los últimos párrafos, como vemos, están dedicados a los instrumentos matemáticos que debe utilizar el artillero, pero en un capítulo posterior, «Los Instrumentos precisamente necesarios que ha de traer en su estuche el Artillero para las operaciones artilleras», precisa que son catorce:

Catorce son los principales instrumentos de que siempre ha de andar acompañado el Artillero para perfecta y diligentemente poner en práctica la Theórica de este Arte. Primeramente, una Escuadra para dar a cada pieza su elevación o saber en la que estuviere; un Nivel para situar los puntos en las piezas y conocer las joyas, y a falta de la Escuadra saber su elevación, una Aguja de punta vuelta a manera de garabatillo para reconocer los metales, y saber si una pieza es Encampanada, Seguida y de Releje; una Aguja de punta de diamante para por el fogón hacer camino a la pólvora con que se ceba hasta que llegue a la de adentro; otra de punta aguda, que sirve para reconocer si las piezas están cargadas; una Aguja que en la punta tenga barrena, para abrir la pólvora del fogón que estuviere endurecida; una Esgubia para sacar por el fogón la pólvora perdida que en él estuviere; un Compás de puntas derechas para tomar el diámetro o hueco de la pieza para la mesuración de los metales. Otro Compás de puntas vueltas para tomar el grueso de la pieza y bala, y asimismo para saber precisamente buscar el viuo a una pieza; un Cálibo en que estén señalados los diámetros y peso de las balas de hierro, piedra y plomo, desde una libra a ciento; un Butafuego con dos serpentines con su cuerda, un Frasco con pólvora fina para cebar los fogones de las piezas.

Todavía en la lección iv de la *Plática* y en el correspondiente capítulo v del *Perfeto Artillero* incide en «Los principales fundamentos en que consiste ser uno buen artillero», en los que precisa tres conocimientos que debe poseer quien quiera dominar este arte:

El primero es saber conocer y reconocer la pieza con que hubiere de tirar. Digo «conocer» teniendo respeto al género y «reconocer» en cuanto a la proporción de sus metales. El segundo, saber la potencia de la pieza, o más comúnmente hablando, todo su mayor alcance en el plano del horizonte, en cualquier grado y punto de su elevación, considerada la pieza en su encabalgamiento. Lo tercero, la distancia que hubiere desde la pieza al lugar donde se pretendiere alcanzar.

En relación al término «conocer» las piezas, se aprecia su dificultad cuando se comprueba la gran variedad existente entonces, pues, aunque Firrufino las clasifica solo en tres géneros, culebrinas, cañones y pedreros, enumera un gran número de tipos y subtipos. Así, por ejemplo, en el género culebrina: medias culebrinas sencillas y reforzadas, culebrinas, falconetes sencillos y reforzados, sacres sencillos y reforzados. Además podían ser tanto las culebrinas como las medias culebrinas legítimas o bastardas. Las diferencias entre todas ellas radicaban en las longitudes y en los cálibos

o diámetros de boca. Como más adelante veremos, desde finales del siglo xvi se intentó limitar ese número y dejar únicamente unos pocos tipos de piezas, cada una con una especificidad propia.

Para facilitar la comprensión del artillero en lo que se refiere tanto al alcance de cada pieza en función del ángulo de elevación respecto a la horizontal, como al de la determinación de la distancia del blanco, problemas entonces estrictamente geométricos, Firrufino añade unos capítulos en los que recoge los conceptos y reglas geométricas básicas y necesarias en la *Plática*, mientras que en el *Perfeto Artillero* incorpora al final un auténtico tratado, *Fragmentos Mathematicos*, en el que profundiza y amplía más, indicando expresamente que el nivel de la obra excede ampliamente al que debe poseer en materia geométrica un artillero.

La personalidad de Firrufino corresponde a lo que se podría llamar «ingeniero-cortesano». Había vivido en la corte desde niño, pues su padre, Julián Ferrofino, sirvió en ella como ingeniero y catedrático de diversas academias, entre ellas la de Matemáticas y Cosmografía de Palacio. No fue un hombre de milicia, y eso se refleja perfectamente en sus obras, al dar a los aspectos teóricos una relevancia mayor que la que comúnmente se halla en los tratados escritos por autores más relacionados con el ejército. Por este motivo, recogió las teorías sobre el movimiento de los proyectiles de Tartaglia y las críticas que a ellas hizo Álava y Viamont, aunque —quizás porque ni unas ni otras le satisfacían— las tablas que incorpora en el texto con los alcances de los proyectiles están confeccionadas fundamentalmente con los datos extraídos de la práctica y sacados de los tratados escritos pocos años antes por hombres muy vinculados al uso de la artillería en campaña, como Luis Collado, Cristóbal Lechuga y Diego Ufano. De esos mismos tratados obtuvo Firrufino<sup>3</sup> la mayor parte de los contenidos de los temas más prácticos, aunque incorporando algunas novedades ideadas por él mismo, como un compás que proporcionaba directamente el peso de una bala al medir su diámetro, según fuera de hierro, piedra o plomo. Otro instrumento de su invención era un «compás» que midiendo el diámetro de una pieza facilitaba los valores adecuados de los diámetros de la bala, de la cuchara y de la cantidad de la carga de pólvora.

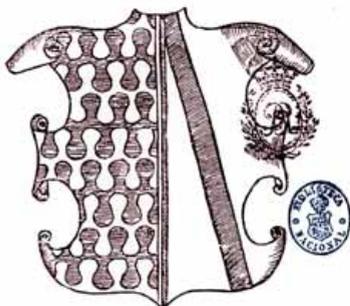
En el mismo año, 1626, en que se publica la *Plática* de Firrufino sale a la luz en Venecia *Il perfetto bombardiero* del ingeniero de la República Veneciana Eugenio Gentilini, obra muy citada por la bibliografía especializada europea pero de menor nivel que la del ingeniero español. Sus 250 páginas, por tanto de extensión interme-

---

<sup>3</sup> Otra de las fuentes que utiliza es la redactada por su padre Julián Ferrofino en 1599, *Descripción y tratado muy breve y lo más provechoso de artillería*, que no obtuvo permiso real para imprimirse, por considerarse que revelaba datos de valor estratégico, y que se encuentra manuscrita en la Biblioteca Nacional (Ms. 9027). Julio César Firrufino escribió también un *Epítome de fundición*, utilizando materiales de su padre, que fue enviado en 1638 al Archivo del Rey al prohibirse su publicación por los mismos motivos.

• INITIVM • SAPIENTIE • TIMOR • DOMINI •

## 2º Tratado de Re Militari



### Tratado de Cavalleria he

cho a manera de dialogo entre los ilustrissimos señores Don Gonçalo fernandez de Cordova llamado Gran capitán Duq. d. Sessa. Ic y Don Pedro María, de Lara Duq. de Najara: En el qual se cõtienen muchos ejéplōs de grãdes principes, y señores: y excellētes avisos y figuras de guerra muy provechoso para cavalleros, capitanes, y soldados, nuevamēte impresso cō licēcia, y privilegio Real por tiempo de diez años.

Esta tassado a quatro reales.



**11.1. Alfa y omega de la tratadística hispana comentada:** (1) Diego Salazar: *Tratado de Re Militari...*, 1536; (2) Julio César Firrufino: *Plática manual y breve compendio de Artillería*, 1626. (*Más tardío, del mismo autor: El perfecto artillero*, 1642).

dia a las dos publicaciones de Firrufino, recogen en esencia su mismo contenido, pero con enfoque más práctico, deteniéndose muy poco en los fundamentos geométricos de los procedimientos utilizados, lo que justifica el autor en el prólogo al resaltar que el tratado va dirigido a los aspirantes a artilleros del Arsenal de la República.

Las obras de Firrufino, especialmente el *Perfeto Artillero*, han sido citadas durante muchos años en la historiografía española como las máximas y mejores exponentes del nivel de los conocimientos españoles en el Renacimiento español sobre la artillería en general y sobre aspectos más concretos, como el de la dinámica de los proyectiles. La razón fundamental de esto radica, más que en su innegable calidad, en que fue aludida y comentada por Juan Vicente Tosca en dos publicaciones, que tuvieron una importancia capital en la introducción de la ciencia moderna en España, *Compendio mathematico* y *Compendium Philosophicum*<sup>4</sup>. Como por desgracia ha

<sup>4</sup> La primera salió a la luz en Valencia en 1715 y la segunda en 1721 en la misma ciudad. Ambas obras tuvieron varias reediciones, destacando la realizada por Mayans y Císcar del *Compendium* en 1754.

## OBRAS ESPAÑOLAS DE ARTILLERÍA COMENTADAS

(CON REFERENCIA DE SUS EDICIONES)

- Diego Salazar: *Tratado de Re Militari. Tratado de Caballería hecho a manera de diálogo que pasó entre los ilustres señores D. Gonzalo Fernández de Córdoba llamado Gran Capitán y D. Pedro Manrique de Lara*, Miguel de Eguía, Alcalá de Henares, 1536; (Roger Velpius, Bruselas, 1590; *Diego de Salazar. Tratado De Re Militari*, Ministerio de Defensa, Madrid, 2000).
- Juan Fernández de Espinosa: *Libro del Arte Militar para lo tocante al Artillería, y lo demás necesario para la guerra y batería de algún fuerte*, h. 1560, B.N., Ms. 7479.
- Diego García de Palacio: *Diálogos Militares*, Pedro de Ocharte, Méjico, 1583 (Ministerio de Defensa, Madrid, 2003).
- Luis Collado de Lebrija: *Prattica Manuale dell'artigleria*, Pietro Dusinelli, Venecia, 1586.
- Diego de Álava y Viamont: *El Perfeto Capitán, instruido en la Disciplina Militar, y nueva ciencia de Artillería*, Pedro Madrigal, Madrid, 1590 (Ministerio de Defensa, Madrid, 1991).
- Diego de Prado: *Obra manual de la Artillería*, 1591, B.N., Ms. 9024.
- Luis Collado de Lebrija: *Plática Manual de Artillería*, Gotardo Poncio, Milán, 1592 (En 1606 los impresores milaneses Gordoni y Locarni sacaron a la luz una traducción al italiano, *Prattica Manuale dell'artigleria*; se reeditó por F. Ghisolfi, Milán, 1641).
- Espinel de Alvarado: *Alvaradina, la qual contiene en sí muchos mui necesarios avisos de las cosas tocantes al Artillería*, 1595, B.N., Ms. 8895.
- Lázaro de Isla: *Breve tratado de la Artillería y fábrica della y instrumentos de fuego*, Vda. de P. Madrigal, Madrid, 1595 (Imprenta de Luís Sánchez, Valladolid, 1603; Imp. Vicente Álvarez, Lisboa, 1609).
- Andrés García de Céspedes: *Libro de instrumentos nuevos de Geometría*, Juan de la Cuesta, Madrid, 1606.
- Cristóbal de Lechuga: *Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga, en que trata de la Artillería y de todo lo necesario a ella con un tratado de fortificación y otros advertimientos*, M. I. Malatesta, Milán, 1611 (*Cristóbal Lechuga, Tratado de la Artillería y de Fortificación*, Ministerio de Defensa, Madrid, 1991).
- Diego Ufano: *Tratado de la Artillería y uso della platicado por el capitán Diego Ufano en las Guerras de Flandes*, Juan de Momarte, Bruselas, 1612 (Juan de Momarte, Bruselas, 1613; Juan de Momarte, Bruselas, 1617).
- *Instruction de l'Artillerie*, E. Emmelun, Frankfurt sur le Mein, 1614 (Paul Iacobi, Francfort sur le Mein, 1617; A. D'Aelst, Zütphen, 1621).
- *Archeley: das ist Grundlicher und eygentlicher Bericht von Geschutz und aller Zugehor nach eygener Erfahrung in den Nieder landischen Kriegen in Hispanischer Sprach...*, E. Emmelun, Frankfurt sur le Mein, 1614 (A. Ianson, Zütphen, 1620; E. Kempffer, Frankfurt, 1621; Janson, Zütphen, 1630).
- *Artilleria ou vraie instruction de l'artillerie et de ses appartenances... de nouveau traduit en langue Françoise*, Chez Berthelin, Rouen, 1628.
- *Gunner's Intruction of D. Ufano*, Londres, 1646 (Book III of the *Military & Maritime Discipline in three books*, Tyler, Londres, 1672).
- Julio César Ferrufino: *Plática manual y breve compendio de Artillería*, Vda. de Alonso Martín, Madrid, 1626; (Academia de Artillería, Madrid, 1989).
- *El Perfeto artillero. Theorica y Practica*, Juan de Barros, Madrid, 1642.

sucedido con frecuencia en nuestro país, durante muchas décadas los historiadores se han limitado a citar a Tosca, con lo que muchos otros tratados de artillería, y no de menor calidad precisamente, han permanecido prácticamente desconocidos hasta que los trabajos de Vicente de los Ríos, Almirante, Arantegui y Vigón<sup>5</sup> han permitido recuperarlos.

Desde 1536, fecha de aparición del primer tratado español conocido sobre «arte militar» con presencia relevante de la artillería, hasta la publicación de la *Plática* de Firrufino en 1626 pueden reseñarse al menos diez tratados españoles, algunos de los cuales deben ser considerados como los más innovadores y más completos de todos los que se publicaron en Europa en el período que se considera.

También es preciso aclarar que el conjunto de conocimientos, «lo que debe saber el artillero», tema central de todos los tratados de artillería, fue incrementándose tanto en amplitud como en profundidad desde los inicios del siglo xvi hasta aparecer con la extensión recogida en la *Plática* de Firrufino, a medida que la propia técnica artillera iba desarrollándose en todos sus aspectos —fundición y metalurgia, diseño de las piezas, elaboración de la pólvora, monturas y transporte, etc.- y también a medida que la geometría y sus instrumentos se fueron incorporando a los métodos de la práctica de tiro.

En los siguientes apartados se examina, siguiendo un orden cronológico, cómo fueron progresando los conocimientos sobre artillería y cómo este desarrollo se fue recogiendo en los sucesivos tratados que iban saliendo a la luz.

## II

### LAS PRIMERAS OBRAS DE ARTILLERÍA. DIEGO DE SALAZAR

Durante la primera mitad del siglo xvi no consta la existencia de ninguna obra española sobre artillería, aunque sí tienen interés algunos aspectos relacionados con ella contenidos en el primer tratado militar de autor español del que se tiene noticia. Nos estamos refiriendo al *Tratado de Caballería hecho a manera de diálogo que pasó entre los ilustres señores D. Gonzalo Fernández de Córdoba llamado Gran Capitán y D. Pedro Manrique de Lara, en el cual se contienen muchos ejemplos de grandes Príncipes y Señores, y excelentes avisos y figuras de guerra muy provechoso para caballeros, capitanes y soldados, nuevamente impreso con licencia y privilegio Real*.

<sup>5</sup> V. DE LOS RÍOS: *Discurso sobre los ilustres autores e inventores de Artillería que han florecido en España desde los Reyes Católicos hasta el presente*, Memoria VI del tomo IV de la Real Academia de la Historia, Madrid, 1802; J. ALMIRANTE: *Bibliografía militar de España*, Madrid, Imp. M. Tello, 1876; J. ARÁNTEGUI Y SANZ: *Apuntes históricos sobre la Artillería española en los siglos XIV y XV*, Madrid, 1887, y *Apuntes históricos sobre la Artillería española en el siglo XVI*, Madrid, 1891; J. VIGÓN: *Historia de la Artillería Española*, 3 vols., Madrid, CSIC, 1947.

La edición fue realizada por el conocido impresor de Alcalá de Henares Miguel de Eguía y vio la luz en 1536, aunque, como puede leerse en el título, debió de haber una edición anterior de la que no quedan otras noticias. El autor, Diego Salazar, fue un militar al servicio de la casa de Lara, que combatió con el Gran Capitán en Italia alcanzando el nombramiento de capitán.

El tratado, como indica el título, se configura como un diálogo desarrollado en el jardín del Palacio de los Lara en Burgos entre don Pedro Manrique de Lara y el Gran Capitán sobre temas militares, especialmente sobre las campañas de Italia. La obra no es muy extensa, 66 folios, contiene nueve figuras, ocho de las cuales muestran diferentes disposiciones de ejército y de las piezas de artillería para la batalla. La novena muestra la estructura de un campamento temporal de las tropas, a la manera de los campamentos romanos, pero protegido en su perímetro con baterías de piezas artilleras. Son posiblemente las primeras impresas en España con motivos de artillería.

El ámbito que se recoge en la obra es amplio: la organización, la constitución de los mandos superiores y subalternos, el armamento, las formaciones fundamentales, las evoluciones, los órdenes de marcha, los ejercicios de educación física, la constitución de reservas, el orden de batalla, la proporción de la artillería conveniente, la necesidad de gastadores y los trabajos de fortificación.

Salazar pone en boca del Gran Capitán razonamientos muy atinados, fruto de su experiencia, sobre temas relacionados con la intendencia militar y con la estrategia. Merece resaltarse que estos comentarios están reproducidos también en las *Crónicas del Gran Capitán*. Parece, por lo tanto, que uno de los objetivos de este tratado es recoger y transmitir las opiniones y las enseñanzas de Gonzalo Fernández de Córdoba. En lo que respecta a la artillería, resulta muy interesante la idea de que un ejército, semejante al que llevó en las campañas de Italia, necesitaba tan solo diez cañones para su subsistencia. Este planteamiento en principio parece que es realista, pues se sabe que el ejército que combatió en Ceriñola, según la *Crónica*, solo transportó desde España cuatro cañones y diez gerifaltes. A pesar de este dato, la artillería efectivamente empleada fue bastante superior puesto que, como empezaba a ser habitual, los ejércitos nutrían sus trenes de artillería con las piezas requisadas al enemigo. En este caso concreto, consta que don Gonzalo de Córdoba había arrebatado a los franceses varios cañones, una culebrina y ocho falconetes. Con todo este armamento, con otros tres cañones y una culebrina que tenía el marqués del Vasto en Ischia y con otras seis o siete piezas sacadas de Tarento, se emprendieron las operaciones para tomar los castillos de Nápoles, es decir, se emplearon cerca de cuarenta, número muy superior al que el Gran Capitán consideraba teóricamente como suficiente.

Siguiendo a Jorge Vigón<sup>6</sup>, es preciso mencionar que algunas partes del tratado no son originales, sino traducciones de ciertos pasajes de *El arte de la guerra* de

---

<sup>6</sup>J. VIGÓN, 1968, cap. IX: «La literatura militar», pp. 255-268.

Nicolás Maquiavelo, impreso en Florencia en 1521. Bien es verdad, según parece, que este autor italiano se basó para redactar su obra en noticias que le habían llegado sobre las campañas del Gran Capitán. Por otro lado, la citada obra de Maquiavelo, cuyos trece primeros capítulos del libro VII tratan de la fortificación y del asedio utilizando la artillería, no fue la primera que en Europa se ocupa de cuestiones relacionadas con la artillería. Hay que citar dos tratados anteriores.

*De re militari, libri XII*, escrito en 1465 por Robertus Valturius, ingeniero de Segismundo Malatesta de Rímíni, recoge en parte el texto de *De re militari* escrito en el siglo IV por Flavius Vegetius Rénatus. La obra se editó en 1472, siendo al parecer el primer impreso conteniendo grabados técnicos. Pero, a pesar de ello, se ha destacado más la edición realizada por De Boninis en Verona en 1483, ya que muchos de sus espléndidos grabados se atribuyen a Leonardo da Vinci, entre ellos los ocho cuyos motivos son distintos tipos de piezas artilleras, como la *ballista*, el *tormentum* o la *maquina tormentaria*, y diferentes encabalgamientos y dispositivos de transporte.

El otro tratado fue redactado hacia 1512 y circuló como manuscrito hasta 1558, año en que fue impreso en París bajo el título *Instruction de toutes manieres de guerroyer*. Su autor, Philippe, señor de Clèves (1456-1528), escribe sus experiencias en relación con las nuevas aportaciones de la artillería, en especial los éxitos de los españoles en la utilización de minas explosivas en Nápoles en 1503. El autor era hijo de Adolfo de Clèves y de Ravestein y de Beatriz de Portugal, nieta del monarca lusitano. Participó junto a Maximiliano de Austria en la guerra contra las ciudades del condado de Flandes en 1488 y posiblemente auxilió a Carlos VIII y a su pariente Luis XII contra Fernando de Aragón en Italia. Con posterioridad regresó a sus dominios en los Países Bajos y en 1515 se puso al servicio de Carlos V cuando este recibió el gobierno de Flandes.

Pero el tratado que más difusión alcanzó en esta primera mitad del quinientos fue escrito al final de su vida por un militar italiano que participó con las tropas de Fernando de Aragón en Italia, Giovanni Battista della Valle. La obra, que apareció en Venecia en 1524 pero que tuvo varias reediciones y fue objeto de multitud de copias manuscritas, fue conocida popularmente por *Il Vallo*, aunque su auténtico título es *Libro continente appertinente a Capitani, retener e fortificare una città con bastioni, con nuovi artificii de fuoco aggiunti, come nella tabola appare, et de diverso sorte polvere, et de espugnare una città con ponti, scale, argani, trombe, trencere, arteglierie, cave, dare avisamenti senza mezzo allo amico, fare ordínanze, battaglioni, et ponti de disfida con lo pingere, opera molto utile con la esperienza de l'arte militare*.

De la lectura de este largo título puede fácilmente extraerse una idea bastante aproximada del contenido de la obra y entender los motivos por los que fue utilizada como manual de bolsillo por todos aquellos arquitectos-ingenieros militares, y también soldados, que querían estar al tanto de las mejoras desarrolladas en materia bélica: todos esos temas estaban tratados con sencillez y brevedad, pues sus cuatro libros no llegaban a ocupar 160 páginas en cuarto. La mayor parte del texto está dedicado a

temas relacionados con la fortificación, aunque también incluye una breve descripción de distintos tipos de piezas artilleras y unas elementales «recetas» para la fabricación de pólvora. Puede concluirse que en la primera mitad del quinientos no existe en Europa ningún tratado de relevancia sobre artillería, y que los pocos que recogen aspectos parciales relacionados con este tema fueron escritos por gente de guerra con muchos años de experiencia y fuertemente impresionados por la utilización de la pólvora y de la artillería realizada por los ejércitos de Fernando de Aragón y de Carlos V en sus campañas en Italia.

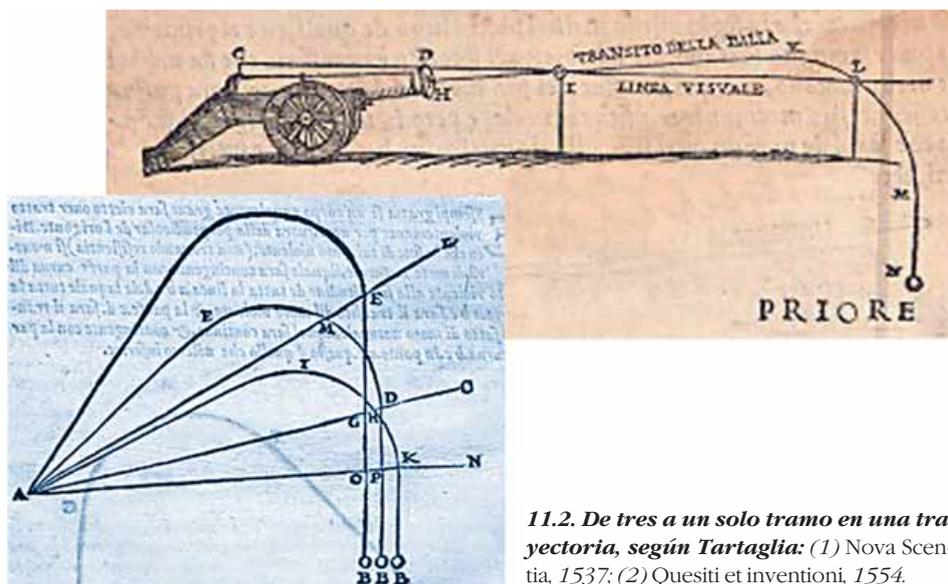
### III

#### DE LA *NOVA SCIENTIA* AL *PERFETO CAPITÁN*

En 1537 aparece en Venecia un libro escrito por un matemático y calculista natural de Brescia que va a suponer el inicio de una nueva rama de la ciencia, la balística: el estudio teórico de las trayectorias de las balas lanzadas por un cañón o, en términos más actuales, de los proyectiles.

*Nova Scientia* es un libro de Nicolás Fontana (h. 1500-1557), *Tartaglia* ('el Tartamudo'), que no está especialmente dirigido a los artilleros. Intenta dar respuesta a un problema práctico a partir de consideraciones de filosofía natural, utilizando como herramientas la razón y la geometría. La obra representa un nuevo enfoque matemático de la dinámica y del movimiento, aunque a caballo todavía entre la visión clásica y medieval de la física y la moderna. Ya en el mismo planteamiento del problema fue novedoso, pues prescindió de la resistencia del aire, aunque con ello eliminaba el factor explicativo del movimiento violento en la física aristotélica: el aire como causa del mantenimiento del movimiento del proyectil una vez abandonaba el motor que lo impulsaba. Su tesis rompe, pues, de manera absoluta con la teoría aristotélica del «movimiento violento», ya cuestionada en la Edad Media por los estudiosos del Merton College de Oxford (como Bradwardine), por Ockham y por los «físicos parisinos» Oresme y Buridan. Pero, a pesar de ello, Tartaglia aún mantiene, aunque con reservas, la trayectoria aristotélica de una bala compuesta de tres partes o secciones: una primera línea recta debido a la fuerza impulsora de la pólvora, una sección curva cuando esta fuerza impulsora se va equilibrando con la «tendencia natural» de la bala y, por último, una línea perpendicular al terreno cuando ha cesado la fuerza impulsora y permanece únicamente la «tendencia natural».

Pero es en una obra también publicada en Venecia nueve años más tarde, 1546, *Quesiti et inventioni diverse de Niccolo Tartaglia, di novo restampati con una giunta al sesto libro, nella quale si mostra duoi modi di reður una città inespugnabile*, cuando Tartaglia proporciona la solución casi completa al considerar que desde el inicio del tiro hasta la caída de la bala al terreno, es decir, durante todo el movimiento, actuaban continuamente tanto la fuerza de la pólvora, *impetus*, como el peso de la



11.2. De tres a un solo tramo en una trayectoria, según Tartaglia: (1) *Nova Scientia*, 1537; (2) *Quesiti et inventioni*, 1554.

bala, *gravitas*, que ha sustituido a la «tendencia natural» aristotélica. El resultado de la doble acción continua es que la trayectoria de la bala es «totalmente curvilínea», aunque Tartaglia no llega a precisar el tipo de la curva. De esta manera no se evidencia contradicción entre la explicación «matemática» y lo que muestra la práctica artillera.

Este tratado está estructurado en nueve libros. Los dos primeros desarrollan el tema de la «Balística», el tercero trata sobre los artilleros, el cuarto y el quinto sobre actividades militares como los asedios, el sexto sobre la fortificación, el séptimo y octavo sobre pesos y medidas, y el noveno está dedicado a diferentes problemas matemáticos. Expuesto mediante diálogos —tan en boga en la literatura de la época y que, como hemos visto, también utilizó Diego de Salazar en su tratado de 1536—, intervienen personajes afamados, como Francesco Maria I, cuarto duque de Urbino, el español Diego Hurtado de Mendoza, embajador imperial en Venecia y mecenas de Tartaglia, el médico y matemático Jerónimo Cardano o el ingeniero militar y artillero Gabriel Tadino de Martinengo, héroe del asedio de Rodas en 1522.

El texto va a tener una gran influencia tanto desde el punto de vista teórico como práctico. Por un lado, porque establece una «conexión eficaz» entre la filosofía natural (física), la geometría y la práctica bélica. Por otro, porque proporciona resultados útiles, aunque algunos de ellos sin una demostración completa, como que el alcance máximo de la bola se consigue cuando la pieza artillera presenta un ángulo con el terreno, elevación, de  $45^\circ$ ; y, sobre todo, convence de la necesidad de la geometría, especialmente de los métodos de triangulaciones, y de la utilización de muchos instrumentos geométricos en la práctica totalidad de los usos artilleros, como por ejemplo la medición de la elevación mediante el cuadrante.

Puede afirmarse que, salvo raras excepciones, a partir de la publicación de *Quesiti et inventioni diverse* de Tartaglia todos los tratados de artillería incorporarán la geometría, con más o menos profundidad, y los autores justificarán el nivel de sus obras y muchas de sus aseveraciones en la matemática que han incorporado a ellas. Prácticamente en ningún tratado posterior se cuestionará la importancia de la geometría en la artillería, a veces más por cuestión de prestigio que por verdadero convencimiento, sobre todo cuando el autor no sea un matemático o ingeniero de corte sino un profesional de la milicia.

Pero en el aspecto en que se patentizarán más las diferencias entre los textos de unos autores y otros es en el de la «naturaleza» de la trayectoria de las balas. Mientras que en los tratados de los matemáticos esta será una cuestión importante a debatir, apoyando o no a Tartaglia, en la mayoría de los elaborados por artilleros profesionales ni siquiera llegará a mencionarse la cuestión. Por ejemplo, en la obra de Cristóbal Lechuga se expresa con claridad que, según demuestra la práctica, «cada pieza daba su propia trayectoria a la bala». No merece la pena detenerse en cuestiones teóricas, que no se cuestionan pero que ni son útiles ni tampoco pueden ser comprendidas por los artilleros.

Varias obras de esta época tuvieron influencia en los tratados de artillería por las reglas prácticas de geometría que ofrecían, y que resultaban muy útiles a los artilleros para medir distancias y poder así calcular el emplazamiento de la pieza artillera, su elevación y la dirección del disparo. Cabe destacar *Commentariorum in Astrolabium, quod Planispherium vocant* del palentino Juan de Rojas<sup>7</sup>, *De Astrolabo Catholico liber* de Gemma Frisio<sup>8</sup>, *De usu astrolabii Compendium* del valenciano Juan Martín Población<sup>9</sup>, *Geometría Practica y Especulativa* del jienense Juan Pérez de Moya<sup>10</sup>, *Del modo di misurare le distanze* del florentino Cosimo Bartoli<sup>11</sup>, *Opera del misurare* del ingeniero de Novara Girolamo Cataneo<sup>12</sup> y el *Trattato del radio latino* del caballero romano y embajador del papa Gregorio XIII Latino Orsini<sup>13</sup>, entre otras.

En la Biblioteca Nacional (Ms. 7479) se encuentra una obra manuscrita titulada *Libro del Arte Militar para lo tocante al Artillería, y lo demás necesario para la gue-*

<sup>7</sup> Apareció en 1550 en París y tuvo varias ediciones posteriores, una de ellas en francés, Lyon, 1556.

<sup>8</sup> Amberes, 1556, con varias reediciones posteriores.

<sup>9</sup> La primera apareció en París en 1520 y tuvo otras 10 ediciones, todas parisinas. Curiosamente tuvo más difusión muchos años más tarde que cuando vio la luz por primera vez: desde 1545 hasta 1557 se reeditó 8 veces, quizás por influencia de las obras de Tartaglia.

<sup>10</sup> Apareció esta obra incluida en *Fragmentos Matemáticos*, Salamanca, 1568, y se reeditó varias veces más bajo distintos títulos.

<sup>11</sup> En Venecia, por Franceschi, 1564.

<sup>12</sup> Se editó en Brescia, por Marchetti, en 1572 y se reeditó varias veces hasta 1600.

<sup>13</sup> El autor era un caballero e ingeniero romano que durante algún tiempo actuó como embajador del papa Gregorio XIII. El *Trattato del radio latino* apareció en 1586 y fue impreso por Moretti y Brianzi en Roma. Un estudio de estos tratados de aplicaciones geométricas, en M. I. VICENTE MAROTO y M. ESTEBAN PIÑEIRO, 2006, caps. v a VIII y x.

*rra y batería de algún fuerte*. Ocupa tan solo 39 folios y carece de fecha, pero sí aparece el nombre del autor, Juan Fernández de Espinosa. De ciertos datos contenidos en el texto se deduce que fue un veterano con experiencia bélica en Italia y en Túnez y que lo escribió en torno a 1560. El motivo de reseñarlo aquí es que, a pesar de ser muy elemental y con ciertos errores, representa la pervivencia en la segunda mitad del siglo xvi de textos dirigidos a aspirantes a artilleros muy alejados de la orientación matemática que desde la obra de Tartaglia se estaba imponiendo en mayor o menor medida en los tratados de artillería. Pero, como se utiliza ya un vocabulario bélico moderno y actualizado, aunque mezclado con términos medievales, puede considerarse como un intento de confección de una cartilla cuyo contenido se limitaba a temas concretos, en este caso especialmente a la utilidad de las minas de fuego, dirigida a artilleros o aspirantes cuya formación no excediera de la lectura.

En 1583 aparece en Méjico, impreso por Pedro de Ocharte, *Diálogos Militares* escrito por el oidor de la Audiencia de esa ciudad, el montañés Diego García de Palacio. Su libro tercero, «De la naturaleza y composición de la pólvora y buen uso de los arcabuces y artillería y reglas respectivas, con algunos instrumentos necesarios», está tomado esencialmente de *Quesiti et inventioni diverse* de Tartaglia, sustituyendo a los protagonistas del diálogo por dos soldados, un vizcaíno procedente de las guerras de Italia y un montañés que había participado en la conquista de América. No aporta nada realmente nuevo respecto a la obra del italiano, incluso la mayor parte de las ilustraciones son copias de dibujos que aparecen en esta.

En 1584 se edita en Carmañola *Instruzione dei Bombardieri*, del milanés Gabriele Busca<sup>14</sup> con un «Breve tratado de las cosas más útiles que debe saber». En 90 páginas desarrolla de forma muy sencilla, utilizando muy pocos y elementales dibujos, cuestiones como la forma de preparar la pólvora, la manera de transportar las piezas y los diversos procedimientos para efectuar los tiros, según fuera «a puntería» o «a volata». A pesar de su no muy alto nivel, la obra ha sido muy elogiada por algunos historiadores, que han visto en ella el precedente de otros tratados posteriores españoles, llegando a afirmar que estos se limitaron a copiar el texto del milanés<sup>15</sup>.

Uno de los acusados de este hecho es el ingeniero del Real Ejército de Lombardía y Piamonte Luis Collado de Lebrija, quien en 1586 publicó en italiano *Prattica manuale dell'artiglieria*, que editó en castellano seis años más tarde, ampliando bastante su contenido. Este último tratado puede considerarse, sin ninguna duda, como el primer manual sistemático relativo al conjunto de cuestiones técnicas que entonces eran competencia de los «artilleros», y de los nuevos ingenieros militares, y el más completo publicado en Europa en todo el siglo xvi. Dedicado a

<sup>14</sup> Gabriel Busca estaba al servicio de Felipe II como capitán de su artillería en Milán.

<sup>15</sup> Se apoyan estas afirmaciones especialmente en el *Discurso en que trata de la Artillería* de Cristóbal Lechuga, pero el autor indica expresamente que toma lo escrito por Busca como base para escribir únicamente el capítulo xvii de su obra.

Felipe II, es el resultado de toda una vida consagrada a la técnica militar: «no hay cosa en ella escrita, que de mí no haya sido experimentada».

La obra, de 235 folios, es decir 470 páginas, se divide en cinco partes o «tratados», cuyos títulos literalmente dicen:

Comienza el primer tratado, en el cual el autor trata de la excelencia del Arte Militar y origen della. De las máquinas con que antes de la invención de la pólvora y artillería solían los antiguos capitanes expugnar y batir cualquier fortaleza.

Tratado segundo, en el cual se trata de las diferencias o géneros de piezas que en las fundiciones modernas se hallan della, con el modo de saber si tienen su razón de metal o no.

Tratado tercero que en general trata de diversos oficios y operaciones tocantes al exercicio y plática del Arte del Artillería, sin los cuales sería imposible poder el artillero exercitarla como debe en ninguna empresa.

Tratado cuarto, en el cual se trata de diversas operaciones necesarias al exercicio della. Fabricar Minas, Fuegos Artificiales y otras operaciones.

Tratado quinto, en el cual a modo de diálogo trata de las cualidades que en la persona del General de Artillería deben concurrir y de la importancia de su cargo y recta administración de él.

Además, el texto está complementado con un gran número de grabados, muy minuciosos, bellos y técnicamente rigurosos, que contribuyeron decisivamente a su éxito. Como indica Collado, el tratado se inicia con una exposición del arte militar en



11.3. Luis Collado de Lebrija: *Prattica Manuale*, 1586 (edición milanesa de 1606). «Midiendo la pieza» (p. 48).

general «y de las máquinas con que los antiguos comenzaron a usarla». Se estudia a continuación la fundición y construcción de cañones, los problemas de las cargas, tiros y punterías, la fabricación y el manejo de las pólvoras. En lo que se refiere a la composición de la pólvora, no detalla en qué proporciones deben entrar el salitre, el carbón y el azufre, pero indica algunos efectos que se consiguen aumentando la cantidad de cada uno de los componentes.

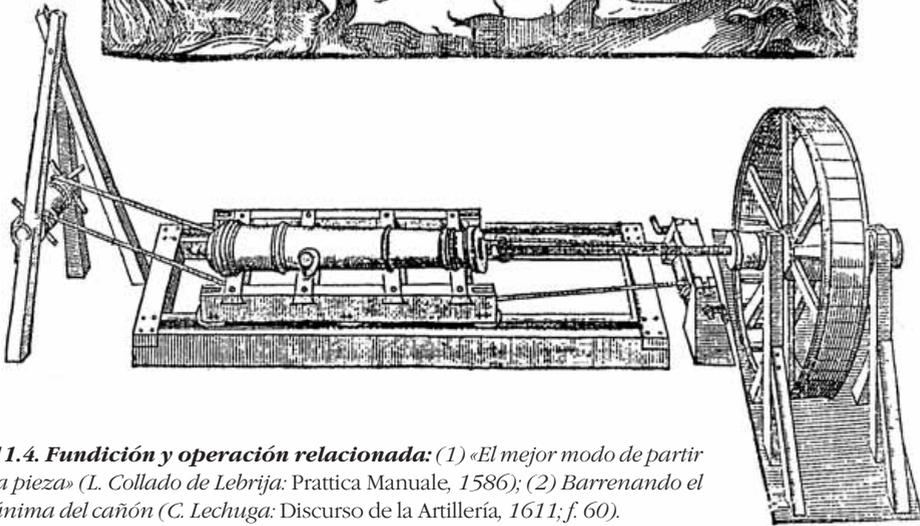
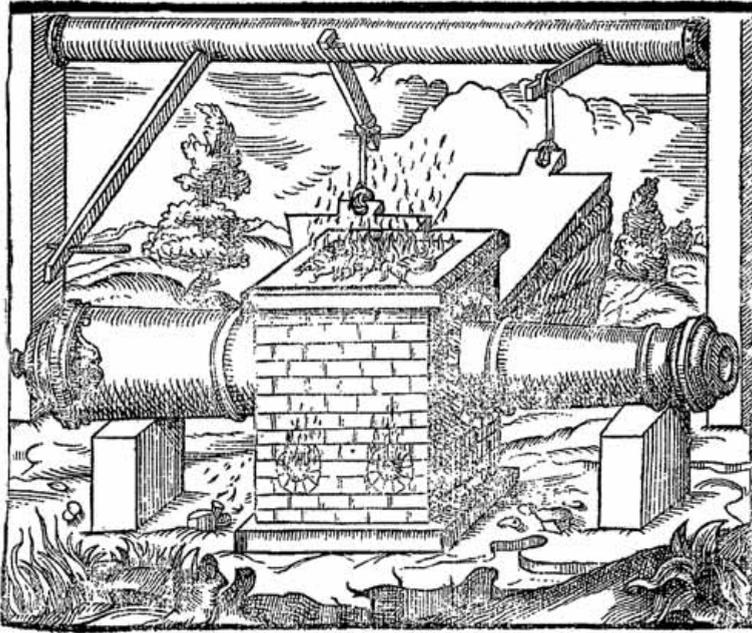
En relación con la fundición, destaca el autor la alta calidad de los cañones fundidos por los «tudescos», los alemanes, pero valora también positivamente las piezas salidas de las fundiciones de Milán, Nápoles y España y advierte de los grandes defectos de las genovesas. En cuanto a la artillería turca, señala que está bien fundida pero es errónea en sus dimensiones, especialmente en la relación entre longitud y calibre. La superioridad de la artillería alemana la justifica el ingeniero y artillero sevillano en la mayor experiencia de los fundidores alemanes, en la mayor riqueza de metales de su territorio y también en su carácter «flemático», que les permite trabajar con más tranquilidad y más minuciosamente. Por el contrario, estima nuestro autor que al ser españoles e italianos más «coléricos» operan de manera más apresurada y con menos cuidado.

En realidad, no entra en muchos detalles técnicos de la fundición<sup>16</sup> sino que se detiene en recomendaciones sobre las proporciones adecuadas de las piezas que se van a fundir, las características del fogón, las zonas en donde se reforzaban y su magnitud, y en la forma y tamaño de la cuchara (instrumento formado por una plancha de cobre o hierro abarquillada con largo mango de madera que sirve para introducir la pólvora en el ánima), incidiendo en que con cada pieza debe fundirse la cuchara apropiada. Proporciona algunos consejos de cómo debe conformarse el horno, pero no entra apenas en cuestiones concretas de la práctica de la fundición ni de las proporciones del estaño y el cobre para obtener el bronce idóneo. Posiblemente, la explicación de estas omisiones está, además de en lo comentado en la nota anterior, en que estos datos se consideraban de interés estratégico y, por lo tanto, su inclusión determinaría la prohibición por parte del Consejo de Guerra de la publicación de la obra, como pocos años más tarde le sucedió a Julián Ferrofino.

El libro, que termina con un «examen de artilleros», incluye, además, descripciones de máquinas e «ingenios» para elevar grandes pesos y para el montaje de puen-

---

<sup>16</sup> Este silencio es el habitual en la época en todo lo que tenga que ver con los «secretos del arte». Todavía permanece la costumbre medieval de que el artesano solo transmite sus conocimientos más importantes a sus aprendices y oficiales, que están obligados a mantener el secreto por su pertenencia al gremio. Una prueba muy significativa de esta actitud es la obra publicada en 1627 por Joseph von Furttentbach, *Halinitro-pyrobolia: Beschreibung einer neuen Büchsenmeisterey (neuen Büchsenmeisterey), nemlichen: Gründlicher Bericht wie der Salpeter, Schwefel, Kohlen und das Pulver zu praepariren, zu probieren, auch langwirig gut zu behalten*, considerada una de las grandes obras europeas sobre la pólvora y sus aplicaciones, en que también se ocultan los datos técnicos esenciales.



**11.4. Fundición y operación relacionada:** (1) «El mejor modo de partir la pieza» (L. Collado de Lebrija: *Prattica Manuale*, 1586); (2) Barrenando el ánima del cañón (C. Lechuga: *Discurso de la Artillería*, 1611; f. 60).

tes, un resumen sobre fuegos artificiales y un capítulo acerca de «las minas para volar las fortalezas y montañas».

En el tratado tercero, en gran parte dedicada a la balística, Collado, siguiendo la doctrina expuesta por Nicolás Tartaglia en la *Nova Scientia*, descompone la trayectoria del proyectil en tres partes: movimiento violento (recto), mixto (arco de círculo) y natural (recto). No obstante, a partir de sus propias experiencias, critica determinados aspectos y consecuencias de las teorías del mencionado autor. Es cierto que algunas de ellas ya las había corregido Tartaglia en su obra posterior, *Quesiti et in-*

*ventioni diverse*, que parece desconocer el ingeniero español<sup>17</sup>. Así, por ejemplo, Collado disparó con un falconete de 3 libras de bala y encontró que los alcances correspondientes a los siete primeros puntos del cuadrante (es decir, para las siete primeras elevaciones de la pieza) eran 268, 594, 794, 954, 1010, 1040 y 1053 pasos. Consecuentemente, como comprobó que los incrementos de alcance de punto a punto iban creciendo menos (es decir, no había una relación lineal), dedujo que era imposible calcular todos los alcances a partir de uno, como opinaba Tartaglia en la *Nova Scientia*. También disparando el falconete comprobó que los alcances con ángulos superiores al semirrecto, 45 grados, eran menores que con los equidistantes por debajo del semirrecto, aunque no encontró explicación teórica a este hecho. Collado realizó también experiencias para investigar la influencia sobre el alcance de la relación entre el calibre y la longitud de las piezas.

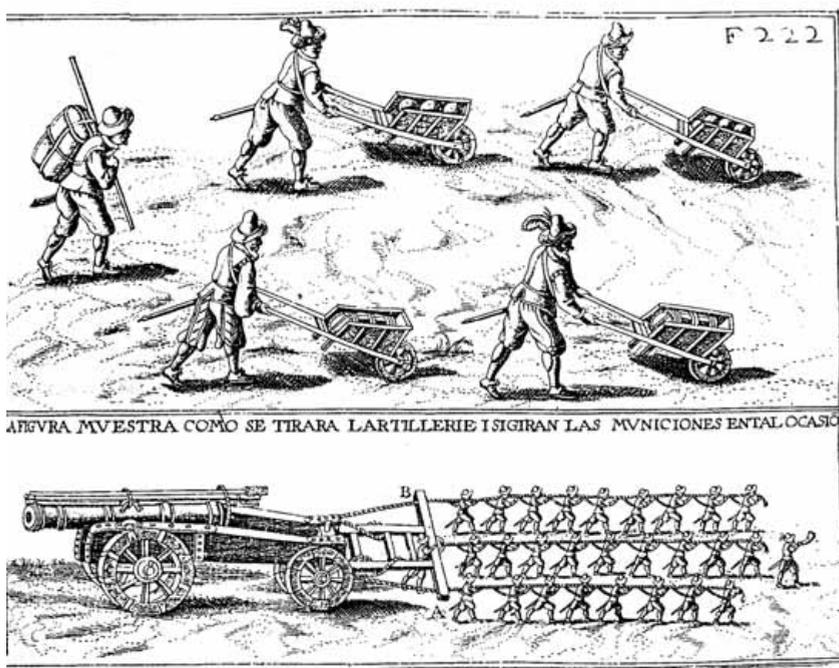
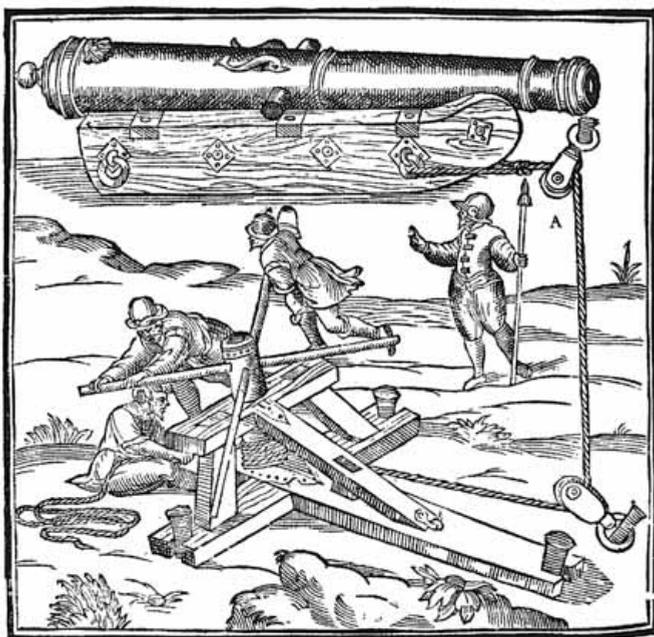
En realidad, Collado escribe su tratado pensando en dos tipos de lectores. Su mayor parte puede ser entendida por un artillero sin una formación matemática elevada, y aun por aspirantes, pues a ellos va dirigido el «examen de artilleros» con que concluye el texto. Pero también pretende que sea una obra de consulta necesaria y útil para los ingenieros y arquitectos militares, para quienes introduce reflexiones y demostraciones más rigurosas y elevadas. Todo lo anterior hará que la *Plática manual de Artillería* sea el modelo que, con menor o mayor fortuna, seguirá el resto de los tratadistas europeos de artillería hasta finales del siglo XVII.

En 1590, dos años antes de que apareciera la versión castellana del tratado de Collado, se publica en Madrid, en la imprenta de Pedro de Madrigal, *El Perfeto Capitán, instruido en la Disciplina Militar, y nueva ciencia de Artillería*, cuyo autor es don Diego de Álava y Viamont, hijo del capitán general de Artillería don Francés de Álava, personaje muy influyente en la corte, miembro del Consejo de Guerra y con amplias relaciones en el exterior por haber sido embajador en Francia durante unos años.

Don Diego era jurista de profesión y con una excelente formación humanística. Estudia primero en Alcalá con el cronista real Ambrosio de Morales; después, en la universidad salmantina acude a las lecturas de Francisco Sánchez el Brocense y aprende matemáticas con el cosmógrafo y catedrático Jerónimo Muñoz. No obstante, carece de experiencia tanto en la enseñanza de la artillería como en su práctica. En el propio título indica que el tratado no va dirigido a artilleros sin cualificación sino a capitanes y oficiales de la artillería, idea que refuerza con la alabanza, que dirige en las primeras páginas, a la aritmética y a la geometría como ciencias básicas de la artillería y de la milicia en general. También en el título aparece por vez primera en un

---

<sup>17</sup> Una posible explicación al presumible desconocimiento por parte de Collado y de los demás tratadistas españoles de las modificaciones a su teoría que realizó Tartaglia, y que publicó en *Quesiti et inventioni diverse*, puede deberse a la escasa difusión de esta obra y a que en ella se mantienen los grabados que representan las trayectorias como curvas compuestas. Además, la *Nova Scientia* se siguió reeditando, sin alterar sus contenidos, a lo largo del siglo XVI.



**11.5. Desplazando el material:** (1) «Moviendo la pieza» (L. Collado de Lebrija: *Prattica Manuale*, 1586; p. 242); (2) Transporte de municiones y piezas (D. Ufano: *Tratado de la Artillería*, 1612; fig. 222).

autor español la referencia concreta a la «nueva ciencia de la artillería», recordando a la obra de Tartaglia. La obra de Álava se estructura en seis «libros»:

- I. De las partes que ha de tener el perfecto capitán y lo que ha de hacer antes de la batalla.
- II. Trata de lo que ha de hacer el perfecto capitán en la batalla y después de ella.
- III. Trata de todo lo necesario a las fundiciones de artillería y sus municiones.
- IV. Trata de todos los géneros de medidas necesarias para el uso de la artillería.
- V. Trata de todos los instrumentos necesarios para el uso de la artillería y del modo de hacer tablas para tirar con ella, conforme a la doctrina de Nicolo Tartaglia.
- VI. Pruébese el comenzar el movimiento natural del proyectil en los tiros de menor altura de 45°.

Los dos primeros libros tratan del comportamiento de un «perfecto capitán» antes (organización, reclutamiento, marchas, alojamientos, etc.), durante y después de la batalla (cuándo y cómo se ha de combatir, y en qué casos...). Ilustra la exposición con referencias a la historia griega y romana y se apoya en preceptos de teóricos en esta materia como Vegecio.

En los libros III y IV se ocupa de la artillería, comenzando por las definiciones más necesarias relacionadas con las formas, proporciones y tipología de las piezas artilleras, continúa con los procedimientos para su reconocimiento y pruebas de su funcionamiento y calidad. En lo que se refiere a su fundición, reproduce prácticamente lo contenido sobre este tema en la *Prattica Manuale*. Termina con la relación entre los distintos géneros de piezas y sus pesos, tipos de balas y con un apartado sobre la pólvora, indicando los diferentes tipos empleados en la época y proporcionando una somera idea sobre los modos de elaborarla. Aunque el planteamiento es correcto, no hay en estos libros aportaciones originales que le diferencien del tratado de Luis Collado aparecido cuatro años antes en italiano.

Los libros V y VI corresponden a la balística o «nueva ciencia de la artillería», según la denominación que se impuso desde los trabajos de Tartaglia. Comienza el quinto a modo de tratado de geometría práctica y trigonometría en el que se describen el astrolabio, el cuadrante y otros instrumentos, y al final se inserta la tabla de senos rectos de Regio Montano. Aunque en estos temas resulta más amplio que Collado, el tratado de Álava presenta escasas contribuciones originales, pues se limita en esencia a recoger los contenidos sobre estos temas de las obras de geometría anteriores, como la de Pérez de Moya citada más arriba.

Posteriormente, Álava desarrolla las ideas contenidas en la *Nova Scientia*, relativas al movimiento de los proyectiles y al modo de determinar los alcances en el tiro. Así, demuestra que el mayor alcance corresponde a un ángulo de 45°. No le convence, sin embargo, el segundo principio deducido de la doctrina de Tartaglia, a saber, que el incremento en el alcance es el mismo para cada grado de elevación. Todo el error procede, dice, de considerar que la parte curva de la trayectoria es un arco de círculo. Por el contrario, en el caso del tiro horizontal, según Álava, el proyectil comienza a moverse oblicuamente de modo muy gradual, aumentando la curvatura

**EL PERFETO  
CAPITAN, INSTRVIDO**  
En la diciplina Militar, y nueua ciencia  
de la Artilleria.

**TOR DON DIEGO DE  
Alaba y Viamont.**

DIRIGIDO AL REY DON FELIPE  
nuestro señor, segundo deste nombre.



CON PRIVILEGIO  
En Madrid, por Pedro Madrigal:

Año de M. D. X C.

**LIBRO**

*Tabla para los morteretes y piezas largas, tirando dos mil passos por la mayor altura, y dozientos de punta en blanco.*

Grados	Senos rectos	Para morteretes. Passos.	Para piezas largas Passos.
1	1047	49	244
2	2093	98	288
3	3140	148	331
4	4185	197	377
5	5229	246	421
6	6271	296	466
7	7312	344	510
8	8350	391	554
9	9386	442	598
10	10418	491	642
11	11448	539	686
12	12474	588	729
13	13497	636	772
14	14515	684	815
15	15529	731	858
16	16538	779	901
17	17542	826	944
18	18541	874	986
19	19534	920	1028
20	20521	967	1070
21	21502	1013	1112
22	22476	1059	1153
23	23444	1105	1194
24	24404	1150	1235
25	25357	1196	1275
26	26302	1242	1315
27	27249	1284	1355
28	28188	1327	1395
29	29128	1371	1434
30	30060	1414	1472
31	30982	1454	1511
32	31795	1498	1549
33	32608	1540	1586
34	33411	1581	1623
35	34214	1622	1660
36	35017	1662	1696
37	35818	1702	1732
38	36619	1746	1767
39	37419	1779	1802
40	38217	1828	1836
41	39015	1875	1870
42	40147	1892	1903
43	40919	1931	1935
44	41679	1964	1968
45	42416	2000	2000

**11.6. Diego de Álava y Viamont: El Perfeto Capitán,...** 1590. «Tabla para morteros y piezas largas, tirando dos mil passos por la mayor altura, y dozientos de punta en blanco».

de la trayectoria con rapidez cada vez mayor hasta convertirse en una línea vertical. Por ello, la parte curva del movimiento violento no es nunca parte del círculo. Al igual que Collado, parece que Álava tampoco conocía las *Quesiti et inventioni diverse*, en donde Tartaglia modificó este aspecto de su teoría, como ya se avanzó. Finalmente, concluye que los alcances son proporcionales a los «senos rectos» de los ángulos de

elevación. Por ejemplo<sup>18</sup>, si el alcance en el tiro de «punta en blanco» (horizontal) es de 200 pasos y el alcance máximo de 2000 pasos, para 10° será:

$$200 + (2000-200) \cdot \frac{\text{sen } 10^\circ}{\text{sen } 45^\circ},$$

o sea, 642 pasos. Para el tiro con morteros recomienda un método de graduar el cuadrante según el cual, si el alcance para 45° es de R pasos, el alcance correspondiente a otro ángulo  $a$  será:

$$r = R (\cos a / \cos 45^\circ).$$

El cambio de senos a cosenos en la fórmula lo justifica en el hecho de que en los tiros con morteros los ángulos son siempre superiores a 45°.

Pero este análisis, que de ser propio daría valor a la obra de Álava, está casi literalmente tomado del trabajo de Collado, con la diferencia de que omite las proposiciones de Euclides que hay que emplear y que, en cambio, Collado sí explicita y detalla.<sup>19</sup>

Lo más interesante de estos libros reside en las tablas generales que incorporan para saber los alcances de los cañones y morteretes correspondientes a sus respectivas elevaciones por los grados y minutos de la escuadra, pues es la primera vez que se publican en Europa.

En resumen, no es necesario realizar una lectura muy detallada del *Perfeto Capitán* de Álava y de la *Prattica Manuale dell'artiglieria* de Collado para llegar a la conclusión, con muy escaso riesgo de error, de que una parte significativa del primero se elaboró de manera oportunista, traduciendo al castellano, aunque procurando ocultarlo, la segunda. El mismo autor indica en el prólogo que la redacción de su obra le llevó más de tres años, es decir, que comenzó a escribirla en 1586, el año en que vio la luz el tratado de Collado. Al aparecer en 1590 el *Perfeto Capitán*, Álava y Viamont se convertía en el «autor» de la obra de artillería más completa y actualizada escrita hasta entonces en castellano, lo que podría presentar como mérito ante el monarca cuando solicitase de este nombramientos y mercedes.

Resulta en este sentido bastante ilustrativa la carta que el propio Álava dirige a su padre, y que incorpora en las primeras páginas de su tratado, en donde quiere demostrar que posee formación para escribirlo, a pesar de que confiesa no sentir demasiada inclinación por las matemáticas y haberlas tenido que estudiar por agradar a su progenitor: «lo que toca a la disciplina militar y uso de la Artillería, valiéndome de las ciencias que, por gusto de V. S. más que por inclinación propia, largo tiempo profesé en la Universidad de Salamanca».

<sup>18</sup> V. NAVARRO: «Álava y Viamont, Diego de», en *Diccionario Histórico de la Ciencia Moderna en España*, vol. 1, Barcelona, Península, 1983, pp. 31-32.

<sup>19</sup> Un detalle curioso del libro es que entre los folios 169 y 170 se incluye una tira de papel plegada, en realidad una cinta métrica, en donde están señalados los diámetros de las balas o pelotas de piedra, hierro, cobre y plomo.

Por otro lado, la señalada sospecha de plagio ya fue manifestada en su tiempo. Alonso de Salamanca<sup>20</sup>, maestro mayor de artilleros, que había ejercido la profesión más de cuarenta años, envió a Felipe II en 1590 un memorial en que solicitaba el apoyo real para la publicación de un libro suyo sobre artillería. Justificaba la petición en su dilatada experiencia como maestro de artilleros, «que es oficio que saben pocos», en la necesidad que había de artilleros, y «que con él podrá cualquier persona enseñarse a servir [el] oficio de artillero tan bien como yo, y excusar la costa que se tiene en traer artilleros de fuera, como se traen de poca confianza y habilidad». Añadía Alonso de Salamanca que su manuscrito había sido examinado y aprobado por personas entendidas, entre ellas el propio Juan de Herrera, «matématico y arquitecto de Su Majestad, pues con su parecer último se me dio el privilegio que tengo para imprimirlo».

Pero el párrafo siguiente resulta muy ilustrativo cuando dice, referido a su texto:

No hay en lengua castellana su semejante [...] porque, si bien en los más libros militares se trata algo de esto, y más en particular por uno del Perfecto Capitán que de presente ha salido, es cosa cierta que no hay en ellos razón de maestro que haya servido artillería, por donde se conocen que lo que declaran ha sido sacado de papeles mal entendidos y de un libro de lengua toscana fundado en geometría y matemática y proporción, que es ciencia mal entendida de los más artilleros, cuyo oficio consiste más en razón de experiencias y en saber perfectamente obrarlas.

No parece haber duda de que se está refiriendo a la obra de Álava, al que acusa de demasiado teórico, de falta de experiencia en la artillería y de copiar tanto otros trabajos, que no ha entendido, como un libro en lengua toscana, es decir, italiana. Parece lógico deducir que está aludiendo a la *Prattica Manuale* de Luis Collado.

Alonso de Salamanca subraya así la necesidad de tener manuales de artillería en lengua castellana, escritos de manera clara, basados en la experiencia, con un lenguaje accesible a los artilleros, que, por lo general, tenían muy pocos conocimientos matemáticos. Al final del memorial su autor solicitaba al monarca que designase alguna «persona particular» bajo cuya protección pudiese hacerse la impresión del libro, pues no podía hacer frente a los gastos de edición. Según parece, para imprimir los 1200 ejemplares que según el Privilegio se había comprometido a hacer, Alonso de Salamanca había pedido un crédito de 150 ducados, cantidad que se había resultado insuficiente, pues mientras esperaba la aprobación real se habían duplicado los costos del papel, y no había conseguido que ningún librero se hiciese cargo de la edición. Pero su súplica no debió de ser atendida, pues no consta que se publicara la obra, y lamentablemente tampoco ha sido localizado el manuscrito original, que sepamos.

<sup>20</sup> M. I. VICENTE MAROTO: «Las escuelas de artillería en los siglos XVI y XVII», *Quaderns d'història de l'enginyeria*, vol. v, 2002-2003, pp. 1-10. Se hace un brillante análisis del memorial encontrado por la autora en el Archivo General de Simancas, en relación con la necesidad de artilleros en España en los años finales del quinientos.

Quizás haya que agradecer a Álava y Viamont que la aparición de su «versión castellana» de la *Prattica Manuale* sirviera de motivación a Luis Collado para dedicar un tiempo a ampliar esta obra y editarla en español, sacando a la luz de esta manera, y como ya se ha dicho, uno de los mejores tratados de artillería europeos.

Otro interesante tratado que, como el de Alonso de Salamanca, tampoco llegó a publicarse, aunque considerando quién fue su autor no parece probable que fuera por motivos económicos, es *Obra manual de la Artillería*<sup>21</sup>, redactada en 1591 por el teniente del capitán general de la Artillería de Cataluña, Diego de Prado. Bastante extenso, 304 páginas, se completa con 91 ilustraciones, algunas de gran interés.

El contenido se expone a modo de diálogo entre tres personajes, que, a diferencia de lo que sucede en otros tratados que hemos citado, no son personajes importantes: un cabo, un artillero y un aprendiz. En el primero de los cuatro libros de que consta, el cabo ayudado por el artillero va dando los datos de todos los géneros de piezas artilleras habituales; en el segundo, se explica el método para reconocer el estado de las «cañas» de las distintas piezas; la enumeración de los diferentes pertrechos con la explicación de sus respectivos usos centra el contenido del tercero, mientras que en el cuarto y último libro se enseña al aprendiz a reconocer el tipo de terrenos en pueda extraer el salitre para la pólvora y el modo de realizar esa labor.

El tratado de Diego de Prado tiene también bastantes similitudes, además del título, con el de Luis Collado, aunque aquel abarca menos temas. Quizás se puede aventurar que el no llevarlo a las prensas por el autor pudo ser debido a la aparición en esas mismas fechas de la versión castellana de la *Plática manual de artillería*, lo que hacía menos útil su libro y más difícil su venta.

Otro manuscrito muy interesante es el *Tratado de artillería* de Espinel de Alvarado, conocido como *Alvaradina*<sup>22</sup>. El autor se presenta como un experto artillero y dedica su trabajo a Juan Fernández de Velasco, gobernador de Milán a cuyo servicio dice estar. Carece de fecha, pero debió de ser redactado en torno a 1595. Tiene especial interés la parte que dedica a la construcción de minas y a la utilización de balas incendiarias, aunque también parece que toma en gran parte los contenidos de la obra de Collado. Lo más interesante del manuscrito, que no aporta novedades reseñables, son los dibujos con los que el autor ilustra el texto, tanto por su originalidad como por el detalle con que están realizados.

Entre las dos fechas en que escribieron sus tratados Diego de Prado y Espinel de Alvarado, concretamente en 1593, se publicó en Padua *Breve instruzione dell'architettura militare*, escrita por Galileo Galilei. La obra, esencialmente dedicada a la fortificación, tiene interés porque en relación con este tema detalla características de distintas piezas artilleras y analiza las diversas minas explosivas al estudiar la manera de neutralizarlas, aunque no puede afirmarse que llegara a influir en los tratados posteriores.

---

<sup>21</sup> Se conserva el manuscrito en la Biblioteca Nacional, Ms. 9024.

<sup>22</sup> Biblioteca Nacional, Ms. 8895.

El último texto significativo sobre artillería aparecido en el siglo xvi es *Breve tratado de la Artillería y fábrica della y instrumentos de fuego*, escrito por Lázaro de la Isla y publicado en Madrid por la Viuda de Pedro Madrigal en 1595. En 133 folios en 8.º el autor, que sirvió como artillero en las galeras de Felipe II durante treinta años, intenta recoger sus conocimientos obtenidos por la práctica para que pudieran ser de utilidad a los artilleros, especialmente en los navíos. Según señala:

serán notados en este mi pequeño Tratado todos los instrumentos, ingenios y partes que son menester para un Artillero, y para el ejercicio de su oficio. La cognición de los materiales para cosas de fundería, y cómo se ha de fundir; y cuando las piezas tendrán falta con el remedio para reducir las en su perfección. La Geometría y arte para usarla y no errar en poner todo por obra; y todos los secretos de los fuegos artificiales que necesariamente conviene que sepa el artillero, así para mostrar ingenio y para juegos como para poder en cualquier ocasión aprovechar con su oficio en ofensa del enemigo, conforme a la parte de mar o tierra adonde se hallare.

A pesar de lo que indica respecto al tema de la fundición, solo le dedica unas pocas páginas y en ellas se recogen ideas muy elementales. Quizás lo más interesante de este breve impreso sean unas puntualizaciones que hace el autor en el capítulo II, bajo el título «De cinco oficios necesarios al artillero», en donde dice lo siguiente:

Conviene mucho a un Artillero para usar bien su oficio entender cinco oficios, para conocer si está como debe lo que se contiene en el arte de artillería, conviene a saber: ser buen artillero, para que con su juicio mida, compase y pese lo que se le ofrece en la arte como en los capítulos y cada uno de ellos de los que es este libro escritos se declara. La segunda, entender de la fundición, para que cuando fundiere una pieza desde el principio le dé su cuenta y peso de metal que requiere, conforme a la calidad y cantidad de la munición que hubiere de tirar. La tercera, que entienda lo que toca al oficio de polvorista, para reconocer la fuerte de cada material y la cantidad y la refinación de ella y otras cosas de que también trata el libro. La cuarta, que teniendo azuela y otras herramientas necesarias para su arte, entienda también algunas cosas tocantes al carpintero, para si en alguna necesidad se le ofreciere adovar una cureña, o ruedas y otras cosas de madera. La quinta, que sepa también de herrero para chapas, pernos y cosas necesarias para las cureñas, como lo sabe el Artillero que se contienen en las cosas de su arte.

Es decir, planteado a un nivel muy diferente del texto de Ferrufino, el artillero debe ser también fundidor, herrero, carpintero y «polvorista», además de saber utilizar los compases y los demás instrumentos geométricos. El tratado resulta ser muy elemental y con un planteamiento ya bastante retrasado en comparación con las obras que habían aparecido en años anteriores. Posiblemente en esa sencillez esté la explicación de que se reeditara dos veces en 15 años, pues su contenido estaba al alcance de los artilleros y aprendices. También el hecho de que el texto carezca prácticamente de grabados determinó el bajo precio de los ejemplares, lo que contribuyó seguramente a su mayor difusión.

## IV

EL *LIBRO DE INSTRUMENTOS NUEVOS DE GEOMETRÍA* DE GARCÍA DE CÉSPEDES Y LOS GRANDES TRATADOS ESPAÑOLES DE LECHUGA Y UFAÑO

En 1606 se publica en Madrid, en la imprenta de Juan de la Cuesta, la misma que unos meses antes había sacado el *Quijote*, el *Libro de instrumentos nuevos de Geometría*. El autor, Andrés García de Céspedes, era el cosmógrafo mayor del Consejo de Indias y catedrático de Matemáticas en la Academia Real Matemática. Aunque no es realmente un tratado de artillería, contiene un capítulo (el xx) de gran interés: «En que se pone una cuestión que anda entre Artilleros, sobre en qué elevación tira más la pieza de artillería». Comienza el capítulo dividiendo la «fábrica de la artillería» en tres partes principales:

La primera es la preparación de la materia que es necesaria para la ejecución de ella, como es la tierra para hacer las formas y moldes, la cual se tiene que conocer cuál sea más a propósito para que los moldes reciban mejor el metal y sufran el fuego al recogerlos que no hagan hendeduras. Demás desto, se tiene que aparejar el metal, y si fuere viejo mirar que no tenga más liga de la que es menester. También se tiene que conocer qué piedras serán buenas para el horno, porque con el mucho fuego no se derritan.

Este párrafo ilustra el modo como se trataban los temas relacionados con la fundición en los tratados europeos de la época. Se sugieren los temas y los problemas relevantes, pero no se da ningún dato sobre las soluciones adecuadas: composición del material de los moldes, proporción de los metales en la aleación y combustible de los hornos. García de Céspedes expresa de la siguiente manera en qué consiste la segunda parte principal para la «fábrica de la artillería»:

toda consiste en proporción y medida, porque en ella se trata de la forma que han de tener las piezas de artillería, que toda consiste en saber darles la medida que se requiere a cada cañón, en su género: porque unos es necesarios que sean largos, otros cortos, otros medianos; unos más reforzados que otros. Y es necesario conocer estas proporciones porque importa mucho, así para que hagan buen efecto como para que no se gaste el metal y el tiempo cuando no es menester.

El cosmógrafo e ingeniero burgalés incide a continuación en cuestiones de fundición, pero manteniendo la línea de no entrar en datos ni en especificaciones concretas de medidas:

También al horno de reverbero se le tiene de dar su medida, para que el fuego haga mejor efecto en fundir el metal con mayor brevedad y que la hechura sea tan acomodada que no sea embarazosa al manejar de los moldes y sacar las piezas después de hundidas. También se tiene de hacer un ingenio para dar el barreno a los cañones, de suerte que se aventaje tiempo y trabajo.

Inmediatamente se refiere en el mismo tono a otras cuestiones de gran interés, como las relativas a las cucharas y al cálibo:

Demás desto, se tiene de tener una medida para hacer las cucharas para la pólvora, para saber las libras que cada cucharada echa en la pieza, porque no se cargue más ni menos de lo que tiene de menester el cañón; y destas cucharas ha de haber mayores y menores. También se tiene de hacer otra medida, que los Artilleros llaman Cálibo, que sirve para medir las libras de hierro, o piedra que puede tirar el cañón.

Sigue el texto con los aspectos vinculados al transporte de las piezas:

También se tienen de hacer los carros y cuareñas, con medida y proporción según la pieza que se tiene de poner en ellos. Demás desto, se tienen de hacer otros ingenios para facilitar el manejar de las piedras, así para ponerlas en sus carros como para marchar con ellas.

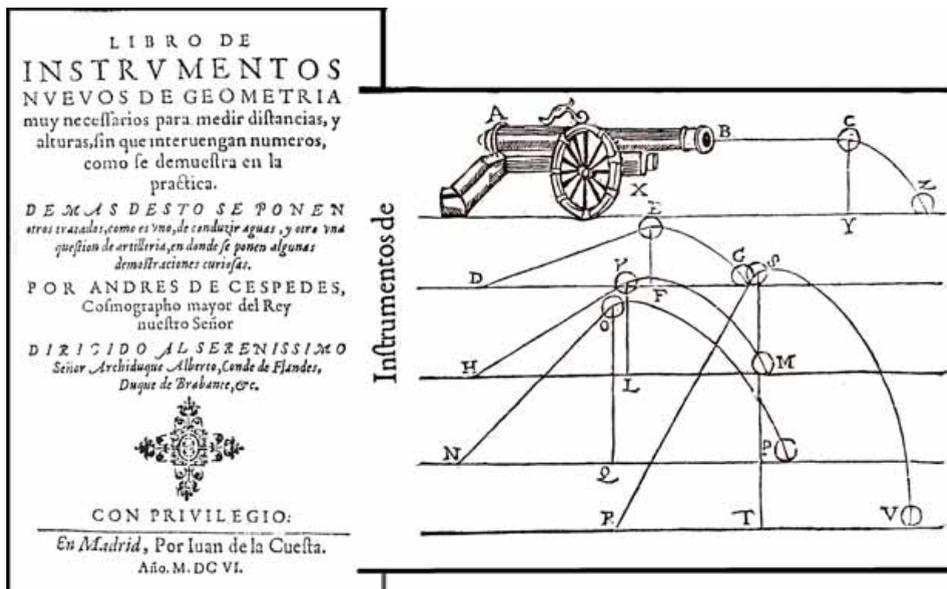
Concluye García de Céspedes el contenido de esta segunda parte con una referencia a la pólvora: «Los materiales de la pólvora también se tienen de proporcionar para que hagan mejor efecto, y hacer los ingenios para molerla». La tercera parte es la que recoge el «uso de la artillería» y lo define de la siguiente manera:

consiste todo en Física y en Matemática [...] Pues queriendo tratar del uso de la artillería [...] lo primero mostrar en qué disposición se tienen de poner las piezas para que hagan mayor efecto, que es toda la intención y fin para que se hizo la artillería; y aunque hay muchos Artilleros que por experiencia tienen conocimiento en qué elevación hace mayor efecto, o alcanza más, pero no saben la razón de esto. Pues para que todos sean más diestros y no ignoren la causa porque una elevación hace mayor efecto que en otra y la variedad que puede haber en esto, disputaremos un poco en este punto.

El autor precisa a continuación que las dos primeras partes las desarrollará en un grueso volumen ilustrado con numerosos dibujos y que se detendrá en esta obra a explicar el fundamento.

Así, García de Céspedes dedica 18 páginas a demostrar geoméricamente que la elevación o ángulo de mayor alcance es la que corresponde a  $45^\circ$  y a determinar el tipo de las trayectorias. Para ello, parte de la idea de que desde que la bala sale de la pieza y durante todo su movimiento actúan simultáneamente sobre ella dos «contrarios»: «El uno es el impelente, el otro es el resistente: El impelente es la fuerza de la pólvora, el resistente es la gravedad de la bala».

Añade que lo fundamental es la relación en cada momento entre el impelente y el resistente, de manera análoga a como planteó Tartaglia el problema. Pero con esa hipótesis de partida no llegó al tipo de trayectoria que alcanzó Tartaglia en su *Quesiti et inventioni diverse*. Obtuvo una intermedia entre la defendida en la *Nova Scientia* de tres secciones y la curva continua de esta última obra. García de Céspedes concluye su análisis aseverando que la trayectoria tiene dos partes, la primera es recta y la segunda es una curva que se va alejando de la vertical. Bien es verdad que resalta que la parte recta es casi siempre imperceptible por el ojo humano; de esta manera parece que en realidad considera que la mayor parte de la trayectoria es, como propuso Tartaglia, una curva continua, cuyo tipo no llega a precisar, pero rechaza que sea un arco de circunferencia. En el grabado que aparece ilustrando el texto (véase fig. 11.7)



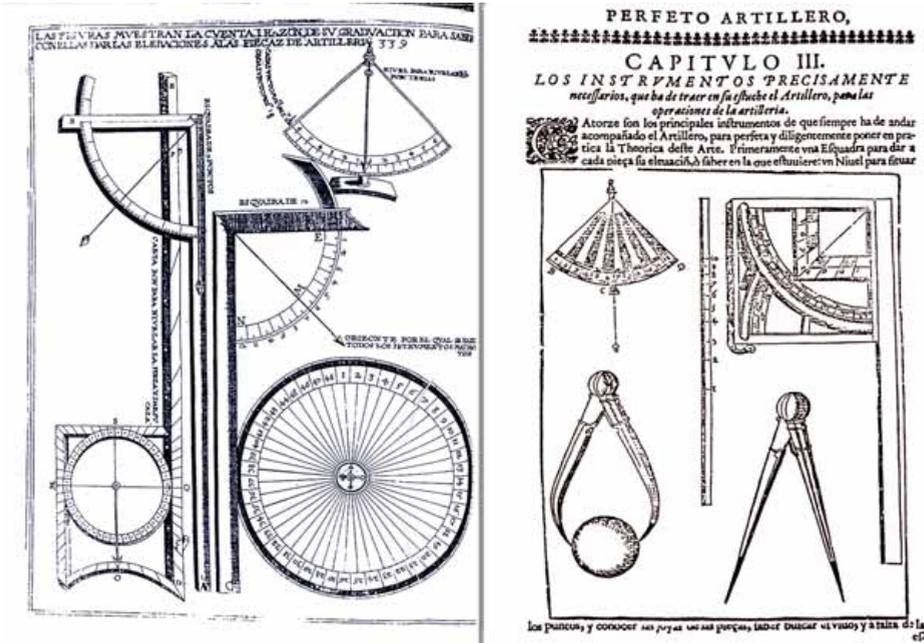
11.7. Andrés García de Céspedes: Libro de instrumentos nuevos de Geometría, 1606. Trayectoria con dos partes, recta y parábola.

se aprecian perfectamente la primera parte recta de las trayectorias; las segundas son fácilmente ajustables a parábolas, tanto más cuanto mayor es el ángulo de la pieza.

Por otro lado, el mismo autor no parece demasiado satisfecho de sus conclusiones, ya que promete seguir trabajando sobre el problema con las siguientes palabras: «Cuando trataremos esta materia de la artillería más de propósito se traerán más demostraciones acerca de este punto y se mostrarán los errores que en esta parte dijo Nicolao Tartalia». Pero, que se sepa, García de Céspedes no trató con más amplitud este problema ni llegó a otras conclusiones, pues no hay constancia de ello en ninguna de sus obras que se han conservado manuscritas.

A continuación, en *el Libro de instrumentos nuevos*, se incluye un extenso análisis denominado «Examen del Cálibo de los Artilleros». En él se explica un método geoméricamente correcto y sencillo para determinar el cálibo de las distintas piezas, demostrando el autor un gran conocimiento y dominio de la geometría euclídea. Consiste en completar el instrumento conocido como «compás geométrico y militar» añadiéndole una regla que facilitaba su empleo por personas que carecieran de formación geométrica.

Extrañamente, el contenido de este capítulo xx dedicado a la artillería no tuvo, que conozcamos, influencia en los tratados posteriores. Posiblemente, pudo pasar inadvertido dentro de una obra mucho más amplia y de contenido estrictamente geométrico, que también fue prácticamente eclipsada al publicarse al mismo tiempo que



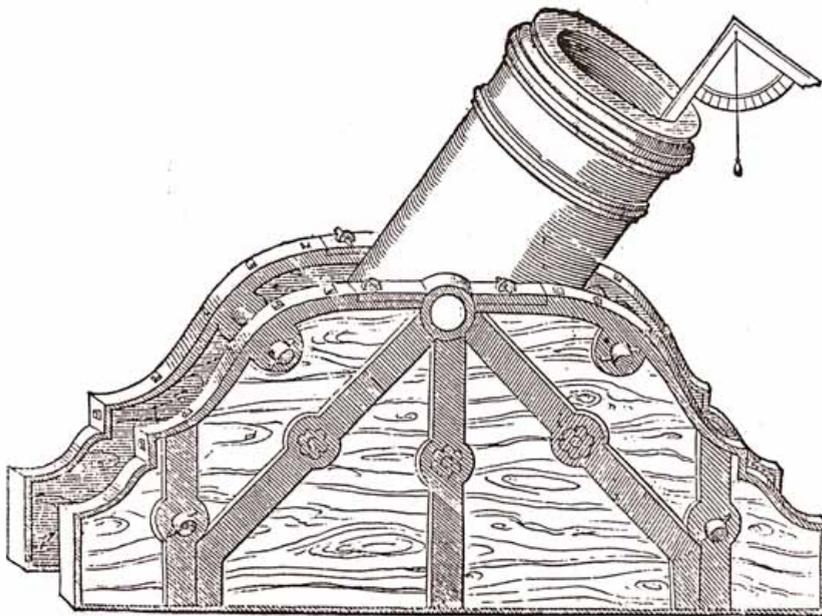
**11.8. Instrumentos del artillero:** (1) Para determinar las elevaciones (D. Ufano: Tratado de la Artillería, 1612; fig. 339); (2) Instrumentos del artillero (J. C. Ferrufino: El Perfeto Artillero. Theorica y Practica, 1642; idéntica imagen aparece en su Plática..., de 1626).

el *Regimiento de Navegación*, escrito asimismo por García de Céspedes y que tuvo una gran repercusión, tanto en España como fuera de ella.

También en 1606, pero en Padua, apareció otra obra de naturaleza geométrica muy relacionada con la artillería, *Operazioni del compasso geometrico e militare*, escrita por Galileo. Recoge la modificación realizada por el propio Galileo del compás geométrico y similar a la diseñada por García de Céspedes, que lo transformaba prácticamente en una regla de cálculo, algo realmente útil en un momento en que no se habían introducido todavía los logaritmos. En pocos años el compás de Galileo estará recogido en la gran mayoría de los tratados de artillería europeos.

Pocos años más tarde, en 1611 y 1612, aparecen dos publicaciones sobre artillería del mayor interés, tanto por su amplitud como por su utilidad e influencia. Escritas ambas en los mismos años por dos artilleros de gran experiencia y que colaboraron en distintas juntas y empresas, Cristóbal Lechuga y Diego Ufano.

El *Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga, en que trata de la Artillería y de todo lo necesario a ella con un tratado de fortificación y otros advertimientos* apareció en Milán en 1611. Su autor nació en Baeza (Jaén) y a los diecisiete años pasó a Flandes recomendado al capitán Sancho Dávila, quien lo presentó a D. Luis de Requesens para que empezase su carrera militar en la clase de soldado de Artillería.



**11.9. Cristóbal de Lechuga: Discurso de la Artillería, 1611. Midiendo el ángulo de elevación de la pieza (fol. 70).**

Poco tiempo después el capitán escribió a la persona que le había hecho la recomendación: «El mozo es resuelto y entendido; dile plaza en la Artillería y paréceme que andando el tiempo ha de venir a mandarla, con tal afición le veo aplicado al estudio de Collado».

Poco tiempo después intervino en batallas, siempre como artillero. Participó en los sitios de Huy y Chatelet (Bélgica), Huist (Holanda) y Dorlans, Calais, Cambray y Amiens en Francia. En Huist fue herido y tomó el mando después de que los cuatro jefes de artillería que le precedieron fueron muertos o heridos. En Cambray empleó por primera vez las baterías enterradas y fue tal el efecto producido que se consiguió la rendición de la plaza. En Dorlans obtuvo gran éxito con diez piezas que retiró del sitio y transportó «sin armones, la boca adelante, la contera arrastrando y los caballos enganchados en unos garabatos (ganchos de hierro) puestos al costado de las gualderas (partes laterales de la cureña)». De esta forma pudo acudir oportunamente en ayuda del conde de Fuentes, quien debía oponerse a las tropas del conde de Villars que acudía en socorro de la plaza. Se logró una victoria total, a causa, en gran parte, del apoyo proporcionado por Lechuga. No se sabe cuándo ni dónde falleció. En la catedral de Baeza, su tierra natal, hay un monumento funerario quizás vacío, pues en la leyenda que allí aparece se lee: «Aquí yace Cristóbal Lechuga, soldado relevante, nacido en Baeza en MDLVII».

Los extraordinarios servicios de Cristóbal de Lechuga en la milicia le merecieron el más alto aprecio y consideración de D. Juan de Austria primero, y de Alejandro Farnesio y del conde de Fuentes posteriormente, ambos del Real Consejo de Guerra. Su prestigio como experto artillero fue tan alto que consiguió que a instancias suyas se limitara el número de géneros y tipos de las piezas de artillería, que en esos momentos alcanzaba el medio centenar: En 1608, Lechuga, Ufano y el fundidor Sumarriba solicitaron una reforma del sistema de artillería que redujera el número de géneros, tipos y subtipos de las piezas de artillería. A pesar del informe en contra del capitán general D. Juan de Mendoza, el archiduque Alberto, gobernador de los Países Bajos, dispuso en 1609 que se redujesen a cuatro calibres las piezas que salieran de las fundiciones de estos territorios (libra, aprox. 460 g; pie, aprox. 22 cm; arroba, aprox. 11,5 kg):

	Calibre de proyectil	Longitud del ánima	Peso de la pieza
<b>Cañón o cañón de batería</b>	40 libras	19 diámetros, en torno a 18 pies	250 arrobas
<b>Medio cañón</b>	24 libras	21 1/3 diámetros, en torno a 19 pies	160 arrobas
<b>Cuarto de cañón</b>	10 libras	27 diámetros, en torno a 24 pies	70 arrobas
<b>Octavo de cañón o pieza de campaña</b>	5 libras	40 diámetros, en torno a 32 pies	100 arrobas

El *Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga* le fue encargado por el gobernador de Milán, el conde de Fuentes, para ser utilizado como texto en la Escuela de Artillería que había sido promovida en los primeros años del siglo xvii para formar a doscientos artilleros. Se le pidió que recogiera en un texto sus conocimientos en los diferentes aspectos de la artillería, la mayoría de ellos ya materializados en las distintas campañas vividas durante más de treinta años. Por ese motivo el tratado fue editado con cargo a las cuentas reales, dedicando por ello el autor la obra a Felipe III.

De gran extensión, 279 folios (es decir, 558 páginas de 33 cm), la obra comienza con el trazado que debían tener las piezas de artillería, dividiéndolas en los tipos cuya adopción había propuesto él mismo en 1609. La artillería de la primera mitad del siglo xvi se componía de una amplia gama de piezas, algunas de ellas extraordinariamente pesadas, irregulares para el empleo y casi inmanejables en campaña. Aunque en tiempos de Lechuga ya habían mejorado considerablemente, reduciendo su peso y tamaño, todavía se empleaban un gran número de tipos: diversas culebrinas, que lanzaban balas desde cinco a veinte kilogramos; cañones de distintos tamaños que arrojaban proyectiles de veinte a cincuenta kilogramos; y una gran variedad de otras piezas, como pedreros, trabucos, dragones, áspides, basiliscos, serpientes, serenas, pelícanos, sacres, falconetes y falcones, gerifaltes, ribadoquines, esmeriles, despertadores, sitiantes, trabucantes, rebufos, berracos, etc.

Explica Lechuga en su *Discurso* las razones que aconsejan la reducción de los tipos de piezas a fundir en los territorios de la Monarquía Hispánica. Admite seis como aceptables: el cañón, su medio, y cuarto, la culebrina, media, y cuarta, pero fijando con precisión los calibres de los cañones en 150, 130 y 100 milímetros, y los de la culebrina en 120, 90 y 75 milímetros<sup>23</sup>. Aunque su verdadero dictamen era todavía más riguroso y restrictivo: mantener únicamente las tres especies de cañón citadas y el cuarto de culebrina; cuatro tipos de piezas que juzgaba suficientes para todas las operaciones de campaña y que en su conjunto casi coincidía con lo dispuesto por el archiduque<sup>24</sup>.

Con el fin de que la reforma aprobada en los Países Bajos se llevase cuanto antes a la práctica y no se demorase por falta de información, trata con el mayor detalle sobre las dimensiones y refuerzos de las seis piezas de su sistema; modo de diseñarlas y su fundición. Explica todo lo que era necesario realizar, desde la formación de los moldes hasta desenterrar (del horno) las piezas, limpiarlas, barrenarlas, pesarlas y dispararlas para comprobar su perfecta fábrica.

El capítulo vii está enteramente dedicado a la fundición de las seis piezas, así como la de los morteros y petardos. El texto, ilustrado con 33 figuras o dibujos muy detallados y elaborados, explica con detenimiento las distintas fases de la fabricación

<sup>23</sup> Lechuga utiliza el «diámetro de la bala» como unidad de medida para todas las dimensiones de cada pieza. De manera que el tamaño de la bala va a determinar todas las características de la pieza.

<sup>24</sup> El octavo de cañón es una pieza bastante similar al cuarto de culebrina.

de las piezas, especificando y facilitando datos concretos sobre la naturaleza de los moldes, sobre el funcionamiento de los hornos y también sobre la composición del metal, información que no es posible encontrar en tratados anteriores, como el de Collado, ni tampoco en posteriores, como el de Firrufino<sup>25</sup>.

Para entender mejor lo que se acaba de decir, se reproducen los textos que acompañan a las figuras 26 y 27 (la fig. 11.4.1 presenta la ilustración correspondiente a la n.º 26, pero tomada del tratado previo de Collado de Lebrija):

La figura 26 muestra cómo romper las piezas con fuego, que se hace con un horno que abrace dentro de sí la parte de la pieza por donde se quiere romper, y dentro de él se hace fuego de carbón, ayudándole con fuelles, hasta que la pieza esté bien caliente; y cuando lo está, se deshace el horno de prisa, y se le da con una maza de hierro poco pesada un golpe, o más, en la parte caliente; golpe a golpe se rompe con gran facilidad, mirando que para hacer el efecto, se pone la pieza un poco alta para que el golpe la halle en vacío, de manera que tenga lugar la de hacerse cumplida la rotura conforme a su grosor.

La figura 27 muestra el horno ardiendo, con su metal dentro, que se compone de cobre y estaño, dándole a cada cien libras de cobre nuevo, de ocho a diez de estaño [...] Ha de procurar el fundidor, pareciéndole que está bien derretido el metal, se dé media hora más de fuego fuerte, sin cesar hasta que no quede ninguno en el horno, porque cuanto más caliente saliere el metal, tanto más limpias, firmes y macizas saldrán las piezas.

Con el fin de facilitar el manejo de los tubos fundidos, todavía de enormes pesos, Lechuga inventa una cabria especial, y perfecciona distintos instrumentos artilleros, especialmente las cucharas. Incluso se preocupa de detalles menores, como la sustitución de las asas rectangulares de los cañones por dos delfines (asas labradas con la forma de este mamífero en la parte superior del tubo de la pieza), que aparte de ser un motivo más artístico sirven mejor como refuerzo, y que desde entonces fueron elementos habituales.

Para que la composición de toda la artillería sea uniforme, estudia igualmente en la última parte del capítulo VII, con un lenguaje sencillo y directo, los morteros, arcabuces y mosquetes. También los petardos (artificios empleados para realizar pequeñas destrucciones), que consistían en vasos de bronce llenos de pólvora que se colocaban adosados a las puertas de las fortalezas enemigas, sin olvidar la fabricación de fuegos artificiales para festejos.

Teniendo en cuenta la importancia del montaje y traslado de las piezas, introduce una serie de mejoras en las cureñas y en los carruajes, que explica en el tratado con

---

<sup>25</sup> Resulta sorprendente el que se permitiera a Cristóbal Lechuga publicar con tanto detalle el proceso de fundición de las piezas de artillería, mientras que a otros tratadistas de la época se les denegó tajantemente la edición. Basta recordar que el *Epítome de Fundición* de Julio César Firrufino (1626) fue directamente enviado al Archivo Real, y es difícil imaginar que proporcionara más datos que los publicados en el tratado de Lechuga.

minuciosidad con ayuda de dibujos muy detallados en los capítulos VIII a XIV. Del mismo modo que en su obra procura mejorar la fabricación del material, también intenta perfeccionar su empleo, incluyendo aspectos relativos al más adecuado emplazamiento de la artillería en campaña. Así, fue el primero que ordena aproximar las baterías hasta la contraescarpa (pared del foso de una fortificación que está al lado exterior) de las fortalezas, en contra de la opinión de sus contemporáneos que propugnaban emplazarlas lejos del alcance de las defensas. Para protegerse de ellas, idea el sistema de «baterías enterradas» (resguardadas o protegidas en una «mina» o trinchera), que empleó por primera vez en el famoso sitio a Cambray. Como no siempre era favorable el terreno para la construcción de minas, suple este inconveniente valiéndose de faginas (haces de leña muy apretada) o cestones rellenos con tierra o ramas, colocados a vanguardia de las piezas, para su resguardo y el de los artilleros, método que se extiende entre todos los ejércitos europeos. También inventa las cureñas de plaza, mucho más útiles y a propósito para ser colocadas en los baluartes. Todas estas innovaciones y mejoras aparecen detalladas y justificadas en su *Discurso*.

En el capítulo XVI, «De la pólvora y provechos que de hacerla fina se sacan», defiende utilizar un único tipo de pólvora, para las piezas de artillería y para los arcabuces y mosquetes, tanto por economía como por eficacia. Recomienda Lechuga que la pólvora debe ser «fina», es decir, tanto el salitre como el carbón y el azufre debían estar «refinados» (sin ningún tipo de impurezas) y además molidos en grano muy menudo. Aconseja como la más adecuada la elaborada con 6 partes de salitre, una de carbón y otra de azufre, que considera mejor que la utilizada más frecuentemente de aproximadamente 7,5 partes de salitre, 1,5 de carbón y 1 de azufre. La mayor potencia de la primera favorece el que se consigan los mismos alcances con cargas menores de pólvora, lo que determina la posibilidad de realizar un mayor número de disparos con una misma provisión de pólvora. Así mismo, dedica unos párrafos a comentar ciertas modificaciones en el proceso de fabricación de la pólvora, con el fin de disminuir el riesgo de explosiones y hacer esa manipulación más segura.

En un extenso capítulo XVII, «En que se trata lo que deben saber los que mandaren en la Artillería y los Artilleros curiosos», que Lechuga aclara está sacado en su mayor parte de «un tratado que el capitán Gabriel de Busca Milanés, ingeniero de Su Majestad y Capitán de Artillería hizo y en el que se declaró lo que los Artilleros deben saber», se expone todo lo relacionado con la práctica de tiro y con la prueba de las piezas. Comienza la exposición con un apartado en que se precisan «Las condiciones que ha de tener un artillero»:

ha de ser mozo en edad, de complexión robusta y gallarda, para poder servir largamente y resistir a los muchos trabajos de su ejercicio, y sobre todo que sea animoso y de buen corazón [...] Su vestido debe ser sucinto, de cosa fuerte y que resista al fuego y al agua; de donde viene que los más visten de pieles de cabra o de búfalos, particularmente el jubón, o coletto, porque no se le pega el fuego fácilmente. Esto cuando van a campaña.



11.10. Diego Ufano: Tratado de la Artillería y uso della... en las Guerras de Flandes, 1612. Tiros por el primer y segundo sector: (1) Mortero de la moderna fundición (F. 16); (2) El tiro por el raso (F. 306).

Sigue el texto con «Instrumentos que pertenecen al artillero»:

debe tener un cuerno capaz, al menos, para dos o tres libras de pólvora; un Botafogo, el cual se suele hacer con dos cabezas de serpiente, para tener la cuerda encendida por dos cabos, uno para las piezas gruesas y otro para las chicas; una barrena un poco larga; dos compases, uno con las puntas torcidas y otro derechas, el de las curvas para tomar la medida de las balas y otras operaciones, y el derecho para hacer la cuchara; una reglilla de hierro o latón sobre la que estén señalados los diámetros de las balas y su peso, de plomo, de hierro y de piedra, que llaman calibre, para que con el compás de las puntas curvas, tomando el diámetro de las balas, se sepa por el calibre lo que pesan. Es menester, además de todas estas cosas, un pequeño nivel cuadrante, para saber las elevaciones de las piezas cuando se ha de tirar de bolada, apuntar una pieza y cosas semejantes; y asimismo, lo necesario para hacer fuego siempre que quiera.

Resulta muy ilustrativo comparar este párrafo con el equivalente contenido en la obra de Julio César Firrufino transcrito también más arriba. Para este autor, un ingeniero no militar, el equipamiento de un artillero estaba provisto, como vimos, con muchos más instrumentos geométricos y más complejos. Para Lechuga, capitán de artillería, bastan dos compases, una reglilla y un pequeño nivel cuadrante.

A continuación, el capítulo xvii va desarrollando con gran sencillez y claridad un gran número de temas, entre los que podemos destacar: «Cómo se ha de cargar la pieza de artillería»; «Cuál es la causa de que la pieza se rompa, más a menudo en el lugar en donde está la bala que en cualquier otro, y por qué sucede el romperse más presto tirando más alto del horizonte que a su igual o más bajo»; «Medida de la distancia de los tiros, que ordinariamente se sabe que tiran las piezas»; «Por qué razón las piezas más largas echan la bala más lejos que las cortas»; «Cómo se ha de apuntar una pieza de artillería, para tirar de puntería»; «Instrumento que se requiere al artillero para tirar bien de bolada y de la elevación, inclinación, acrecentamiento y disminución de los tiros»; «Por qué los tiros cuanto más se alzan sobre el plano del horizonte, más se van alargando y creciendo en violencia»; «Si es posible que dos piezas de artillería semejantes, iguales y con igual peso de pólvora, puedan hacer diferentes efectos»; «De las balas de diferentes materias, pero de un mismo diámetro, cuál irá más lejos, la más pesada o la más ligera»; «Si de noche, podemos valernos de la artillería».

Las contestaciones de Lechuga a todas las cuestiones están basadas en la experiencia, recurriendo a muy escasas demostraciones geométricas, en todo caso muy sencillas. La idea básica que se defiende es que no hay dos piezas idénticas y que cada una necesita una carga específica de pólvora y una presión de esta muy concreta. Además, aclara que cada pieza tiene un comportamiento distinto a medida que se va calentado con los tiros, de forma que estos van teniendo menor alcance.

A los problemas planteados les intenta dar respuestas basadas en razonamientos en los que se consideran las propiedades de los metales, de la pólvora, del aire, etc., según los conocimientos de la época, pero estos normalmente acaban llevando al autor a conclusiones contrapuestas, por lo que siempre termina con la solución dada por la experiencia, aunque no coincida con la obtenida teóricamente.

El *Discurso* de Lechuga contiene unos «advertimientos a Su Majestad», que añade al final de algunos capítulos, y que constituyen un conjunto de consejos y de ruegos o solicitudes sobre temas de distinta naturaleza: personales o humanos y políticos o del campo de la estrategia.

Así, propugna que bajo la dirección del general de la Artillería se forme en la corte una academia para doce ingenieros al menos, exponiendo las ventajas tanto militares como civiles de su posible aplicación:

viniendo Vuestra Magestad en hacer lo dicho consideren sus Consejos los provechos que a España le podrían venir de tener personas necesarias a cuanto se les ofreciere de ingenios y muchos soldados, que con la Teoría de la Academia vendrán a serlo, más presto en la práctica, y fuera de esto tener quien sirva la Artillería con la seguridad de que sabrá para sí y para enseñar a los demás de ella.

Un poco más adelante incluye un apartado con el epígrafe «A los ingenieros», donde expone un conjunto de opiniones y consejos, entre los que destaca el siguiente en relación con la actitud orgullosa de algunos ingenieros, que no se dejan aconsejar por las personas expertas:

De esto hablo con tanta experiencia como quien ha visto mandar en la guerra se hiciera y siguiere el parecer de Ingenieros de gran ciencia, dándolo contra el de soldados de experiencia y que de hacerse han venido los Ingenieros a desengañarse tanto que vi jurar a algunos de no fiarse jamás de su ciencia, sin tomar parecer de quien tenía experiencia y cumplirlo, acertando, de allí en adelante todas sus cosas bien. Porque al Ingeniero que toma parecer, todos los soldados le advierten y no le dejan errar, aunque sea a costa suya, que todo esto puede una inconsiderada o poco prudente resolución de un opinante Ingeniero, si conoce que el Príncipe y el Capitán General le creen y siguen solo su parecer, sin las consideraciones y ayudas de compañeros, que digo le han de dar siempre para que acierte.

Porque el principio de los Ingenieros es saber todas las cosas de fábricas, tanto militares como políticas, solo por líneas y demostraciones, sin experiencia alguna, bien podrán valerse del parecer de los que la tienen, aunque no tengan ciencia para mejor obrar y venir a hacerse prácticos; esto sin puntillos ni fantasías vanas, pues la experiencia de fábricas políticas la alcanzan los Ingenieros, aunque sepan todo lo que dicen, de los maestros albañiles y de los carpinteros que, en efecto, aunque mudos maestros, son los que saben obrar aunque les falte ciencia.

Y si esto me negare alguno en particular, forzosamente me concederán todos juntos que no perderán nada y ganarán mucho en tomar parecer de soldados, para lo que han de hacer y obrar en campaña y fuera de ella en fortificaciones.

Y concluye explicando su opinión de exigir amplia experiencia a los aspirantes a ingenieros para poder ingresar en la academia:

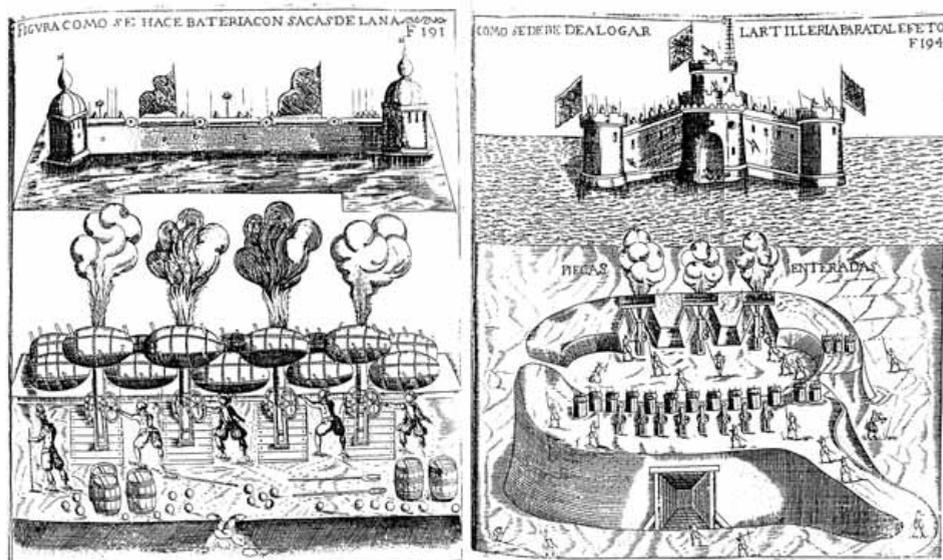
Pruebo lo dicho con que los Ingenieros que se han de recibir en el Colegio que hay de ellos en Milán, han de haber estado cuatro años continuos siguiendo a uno de los Ingenieros de experiencia, antes de venir al examen que hacen para ser admitidos; de manera que la ciencia, por grande que sea, sin la experiencia no les vale para que a sus obras, estimaciones y pareceres se dé crédito, no siendo inscritos en el día útil en que se inscriben los Ingenieros aprobados.

De lo dicho, saquen los Ingenieros que, si para serlo de medir terrenos, dividir herencias, hacer particiones, estimaciones de fábricas y de cualquier otras cosas de campaña, guiar aguas y juzgar diferencias de ellas, no le vale la ciencia sin experiencia, cuánto más razón será que en las obras de arquitectura militar no se fien de ellos, hasta que la experiencia de ellas los haya hecho maestros de quien solo se pueden fiar.

Así de claro deja Cristóbal de Lechuga que, en su opinión, el conocimiento científico no sustentado en una extensa experiencia previa no tiene ninguna utilidad ni fiabilidad.

La última de las obras españolas de artillería que aquí se considera es el *Tratado de la Artillería y uso della platicado por el capitán Diego Ufano en las Guerras de Flandes*. Fue impreso en Bruselas, en Casa de Juan de Momarte, en 1612 y posiblemente sea la obra artillera que más se difundió en Europa a lo largo del siglo XVII. Fue traducido al francés y al alemán y reimpresso varias veces, además de servir de modelo a obras extranjeras. Así, por ejemplo, en su tratado *The Gunner, shewing the whole Practise of artillerie*, 1628, el inglés Robert Norton se presenta como compilador de Niccolò Tartaglia y Diego Ufano. El francés Nicolas-Francois Blondel, en su *L'art de jetter les bombes*, 1683, dedica tres capítulos del libro segundo a estudiar y criticar las aportaciones de Ufano a la luz de los nuevos conocimientos, especialmente la dinámica de Galileo.

El *Tratado de la Artillería* fue escrito al mismo tiempo que Lechuga redactó su *Discurso*, y ambas obras tienen muchas semejanzas, como es lógico considerando la relación que existía entre sus autores y el paralelismo de sus experiencias militares. La



**11.11. Protección de las piezas:** (1) Batería con sacas de lana (fig. 191); (2) Piezas enterradas (fig. 192). Ambas, del *Tratado de la Artillería*, 1612, de Diego Ufano.

obra de Ufano, muy extensa (423 páginas), está profusamente ilustrada con 398 grabados; muchos de ellos pueden considerarse auténticas obras de arte, en la línea de los que figuran en los tratados de Collado y Lechuga. Posiblemente por esta profusión de imágenes su edición llegara a ser realmente costosa, aunque esto no supuso ningún problema, pues fue financiada por el archiduque Alberto, gobernador de los Países Bajos, esposo de la infanta Isabel Clara Eugenia, hija de Felipe II.

Ufano estudia los aspectos teóricos y prácticos de la artillería, incorporando los conocimientos y experiencias debidos a otros autores españoles, en particular a Luis Collado de Lebrija, junto a los suyos propios, pues había trabajado muchos años como ingeniero militar al servicio del ejército español en Flandes, bajo las órdenes del general de artillería Luis Velasco. También recoge muchas de las innovaciones debidas a Cristóbal Lechuga, que no están sacadas de su *Discurso* sino del conocimiento que tenía de ellas tanto por su relación directa con él como por el empleo de muchas de esas innovaciones desde hacía años en las campañas de los ejércitos españoles.

El tratado lo divide en tres partes, cuyos títulos reproducimos literalmente:

En la primera se muestra la traza de las piezas de artillería antigua y moderna, así por plática como por figuras y la razón que deben tener en su fundición.

En la segunda se declara la Theórica y Plática del estado de la Artillería, en forma de diálogo entre un General y un Capitán, donde se declara por cuestiones lo que a tal ejercicio mejor conviene, así en las baterías como en los materiales, pertrechos y otros ingenios incógnitos, importantes al manejo y uso de la guerra.

En la tercera se trata del primor, doctrina y escuela que más necesaria es a la plática de los artilleros y cómo se pueden gobernar, en la composición de los juegos artificiales, así de guerra como de salvas.

La primera se subdivide en nueve capítulos referidos a la historia de la artillería, descripción de los diferentes tipos de piezas, sus pesos y el de las balas, cantidades de pólvora necesarios, longitud de calibres, etc. Detalla estos datos para los diversos tipos de piezas en cada uno de los tres grupos, que llama legítimos, bastardos y extraordinarios, añadiendo además los que llama reforzados, comunes y disminuidos, con lo cual reúne un conjunto de datos prácticos para más de cincuenta tipos de piezas de artillería usadas en aquel tiempo. En lo referente a los procesos de fundición de las piezas, el contenido está en la línea de lo expuesto por Collado, siendo, por lo tanto, inferior en detalle y en concreción a lo tratado por Lechuga en su obra.

Analiza Ufano en la segunda parte de su obra las obligaciones de cada uno de los que han de servir en la artillería, según su cargo, además de hacer cálculos del personal suficiente para utilizarla con eficacia y del material complementario necesario para la formación de un tren de batir, concluyendo que la proporción adecuada de piezas y hombres es la de una pieza por mil soldados.

En la parte tercera, dedicada de balística, siguiendo el esquema de Tartaglia, descompone la trayectoria del proyectil en tres fases: movimiento violento (recto), mixto

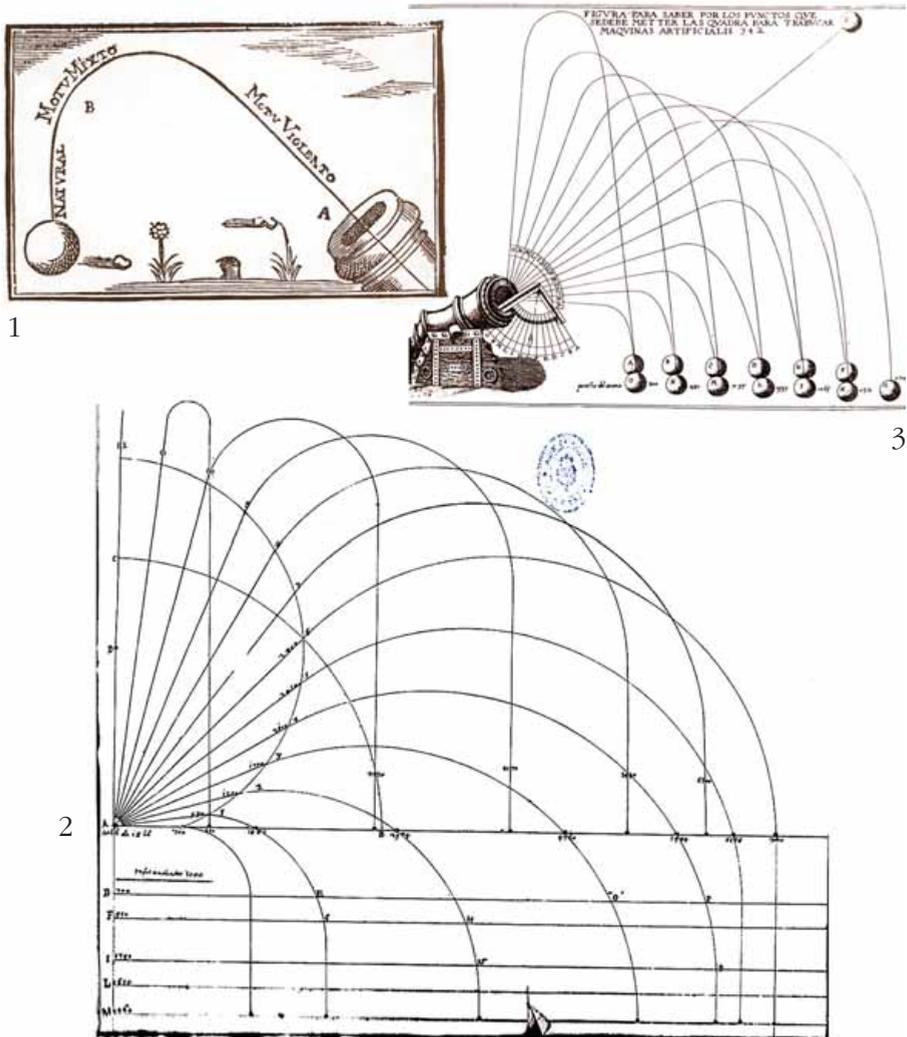
(arco de círculo) y natural (recto). Pero además, aporta algunas novedades. Así, enuncia sin demostrar la igualdad de alcance, en el tiro de proyectiles, para ángulos de tiro complementarios. Propone también una regla para calcular alcances, consistente en hallar, por ensayo o prueba, el alcance de la pieza concreta para el tiro horizontal y asignar los alcances para cada grado de elevación de modo que los incrementos de los mismos seguirían una progresión aritmética, decreciendo regularmente hacia el máximo. Se advierte así, junto al empirismo característico de este tipo de obras, un deseo de encontrar las leyes generales y matemáticas que rigen el tiro de proyectiles. Este planteamiento confiere al tratado de Ufano un mayor nivel que el alcanzado en el capítulo xvii del texto de Lechuga, aunque este, por su mayor detalle práctico, posiblemente pudiera ser más útil al artillero.

Ufano trata, por último, de numerosas cuestiones de ingeniería: salvamento de navíos hundidos, construcción de pasarelas y puentes, utilización de buzos para extraer piezas hundidas y preparación de artificios de iluminación y fuegos artificiales con carácter lúdico, con una ingeniosa barca-puente doble de invención suya. Por otro lado, entre las informaciones que aporta sobre las actividades de otros ingenieros, merece la pena destacar las que recogen las experiencias hechas por Collado en Nápoles con una culebrina de gran longitud de caña, disminuyendo esta por cortes sucesivos, para determinar cuál era la longitud que aseguraba el mayor alcance.

Posiblemente, el gran número de innovaciones técnicas que contiene el texto fue la causa de que tuviera una gran difusión en Europa durante más de cincuenta años, conociéndose tres ediciones en castellano, cuatro en francés y en alemán y dos inglesas.

Desde 1612, en que apareció el tratado de Ufano, hasta 1626, en que salieron a la luz los de Ferrufino y Gentilini, obras con las que abrimos este capítulo, no se publicó en Europa ningún trabajo realmente relevante sobre artillería; acaso solo pueda mencionarse el debido al ingeniero romano Pietro Sardi.

En 1621 apareció *L'Artiglieria di Pietro Sardi, Romano, divisa in tre' Libri. Nel Primo dei quali si discorre sopra la Machine Antiche. Nel secondo, si tratta che cosa sia Artiglieria. Nel terzo Libro si tratta con somma facilità et ordine chiaro dell'Uso di tale Artiglieria* (Venecia, Giovanni Guerrigli). El autor fue un reputado ingeniero que participó en diferentes batallas en Italia, Alemania y los Países Bajos y que recogió al final de su vida en este tratado sus experiencias sobre la artillería y sus consecuencias en el desarrollo de la fortificación. La obra, de menor extensión que la mayoría de las ya citadas, 130 páginas en folio, está dividida en tres partes: en la primera, la más breve, se analiza la artillería antigua o, mejor dicho, las armas ofensivas de propulsión utilizadas en la Antigüedad. La segunda parte se refiere a la fabricación de pólvora y cañones, con datos muy interesantes sobre la fundición de metales y sobre las distintas pruebas que había que hacer a las piezas para comprobar su bondad y eficacia. La tercera, la más extensa, se dedica a una multitud de temas, la mayoría relacionados con la arquitectura militar, pero también a otros como el transporte de las piezas arti-



**11.12. Trayectorias balísticas, según diversos tratadistas:** (1) Luis Collado de Lebrija: *Prattica Manuale*, 1586; (2) Diego de Prado: *Obra manual de la Artillería*, 1591, *Biblioteca Nacional*, Ms. 9024; (3) Diego Ufano: *Tratado de la Artillería*, 1612.

lleras o la fabricación de pólvora. El tratado tuvo gran difusión en Europa a lo largo del siglo XVII, pero fue escasamente apreciado en España. Posiblemente la causa fuera el que casi todo su contenido referente a la artillería, especialmente los aspectos que acabamos de detallar, resulta ser sospechosamente parecido al que se recoge en capítulos similares del *Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga*, obra que había sido publicada diez años antes.

## V

## CONSIDERACIONES FINALES

La inclusión de la geometría en los tratados de artillería se produjo a partir de 1550 de manera gradual, beneficiándose de los progresos expuestos en obras estrictamente geométricas redactadas por matemáticos. El origen y desarrollo de la balística en este período fue fruto de matemáticos no vinculados al ejercicio de la artillería, aunque sus hipótesis se incorporaron enseguida a los principales tratados, en donde se recogían los resultados alcanzados al contrastarlas con la práctica artillera.

Luis Collado demostró mediante el disparo de piezas que la relación entre el alcance de la bala y el ángulo de la pieza no es lineal y que el mayor alcance corresponde al ángulo de  $45^\circ$ . Diego Ufano obtuvo también mediante la práctica artillera que los alcances de la bala correspondientes a ángulos complementarios son iguales. Álava y Viamont publicó las primeras tablas con el alcance de los proyectiles en función del ángulo de la pieza y propugnó teóricamente que las trayectorias de las balas son curvas simples.

García de Céspedes enunció que desde el instante inicial sobre la bala actúan simultáneamente la fuerza impulsora de la pólvora y la «gravedad» de la bala. También mejoró el compás geométrico, al mismo tiempo que Galileo.

Cristóbal Lechuga, para proteger las piezas de artillería en campaña, diseñó el sistema de «baterías enterradas» y desarrolló las faginas y cestones. Introdujo mejoras en las cureñas, inventó las «cureñas de plaza» y perfeccionó el sistema de anclaje de las piezas en los carros de transporte. Ufano desarrolló mejoras técnicas en distintos ingenios, destacando su barca-puente doble que fue empleada con frecuencia por los ejércitos españoles en los Países Bajos y en Italia.

Los temas relacionados con la fundición de las piezas de artillería fueron recogidos en pocos tratados, tanto españoles como extranjeros, ante el riesgo de no conseguirse la licencia para la publicación, al ser considerados conocimientos con alto valor estratégico. A pesar de ese obstáculo, y gracias al apoyo del gobernador de Milán, el conde de Fuentes, Cristóbal Lechuga publicó en su *Discurso* el análisis más completo y detallado sobre la fundición de las piezas de artillería aparecido en Europa hasta 1640. En él aconseja diversas mejoras relacionadas especialmente con los moldes, con la alimentación de los hornos y con los diseños de las cucharas. Además, ideó un nuevo tipo de cabria para levantar los tubos de los cañones en la fundición.

En resumen, los tratados de artillería más completos y rigurosos producidos en Europa durante el período 1530-1630 fueron escritos por autores españoles, destacando especialmente las obras de Collado de Lebrija, Lechuga y Ufano, los tres formados como artilleros en las campañas militares de Italia y los Países Bajos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALMIRANTE, J.: *Bibliografía militar de España*, Madrid, Imp. M. Tello, 1876.
- ARÁNTGUEI Y SANZ, J.: *Apuntes históricos sobre la Artillería española en los siglos XIV y XV*, Madrid, 1887.
- *Apuntes históricos sobre la Artillería española en el siglo XVI*, Madrid, 1891.
- BOAS., M.: *Il Rinascimento scientifico, 1450-1630*, Milán, 1981.
- CÁMARA MUÑOZ, A.: «Los tratados de Arquitectura Militar», en *Arquitectura y Sociedad en el Siglo de Oro*, Madrid, El Arquero, 1990.
- DE LOS RÍOS, V.: *Discurso sobre los ilustres autores e inventores de Artillería que han florecido en España desde los Reyes Católicos hasta el presente*, Memoria VI del tomo IV de la Real Academia de la Historia, Madrid, 1802.
- MANZI, P.: *Architetti e Ingegneri Militari Italiani dal secolo XVI al secolo XVIII. Saggio bio-bibliografico*, Roma, 1976.
- MERINO PERAL, E.: *El arte militar en la época moderna: los tratados «de re militari» en el Renacimiento, 1536-1671. Aspectos de un arte español*, Madrid, Ministerio de Defensa, 2002.
- VICENTE MAROTO, I., y M. ESTEBAN PIÑEIRO: *Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro*, 2.ª ed., Valladolid, Junta de Castilla y León, 2006.
- VIGÓN, J.: *Historia de la Artillería Española*, 3 vols., Madrid, CSIC, 1947.
- *El Ejército de los Reyes Católicos*, Madrid 1968.
- VV. AA.: *Bibliographia Physico-Mathematica Hispanica (1475-1900)*, volumen I, Valencia, 1999.

