

# HERÓN DE ALEJANDRÍA: MATEMÁTICAS Y MECÁNICA

*Bernard Vitrac*

Centro de Investigación Científica Louis Gernet, París

## ***INTRODUCCIÓN: ¿QUIÉN ES HERÓN? ¿QUÉ REPRESENTA PARA NOSOTROS?***

La cuestión se puede entender de diferentes maneras, por lo que parece oportuno diferenciar al menos tres aproximaciones:

### **a) La aproximación histórica**

Herón es objeto de controversia en cuanto a la época en que vivió, acerca de lo cual disienten la mayoría de los antiguos matemáticos griegos; nada sabemos sobre su vida. No abordaré, pues, este aspecto, a menos que quieran entrar en discusión.

### **b) La aproximación documental**

Es la manera más obvia de abordar a Herón: con su nombre se nos ha transmitido un importante cuerpo de textos. Herón aparece como un autor enciclopédico. A reserva de los difíciles problemas de autenticidad, global o parcial, que se plantean respecto a ciertos escritos que la tradición (y los manuscritos) le atribu-



yen, constituye una fuente esencial para nuestro conocimiento de las antiguas ciencias matemáticas griegas. Desde este nivel, meramente descriptivo, se ve que el corpus heroniano, al menos a ojos de los modernos historiadores de las ciencias, se divide fácilmente en dos categorías bien distintas de textos: por una parte las obras matemáticas, por la otra los tratados que se pueden calificar de “técnicos”, a falta de otra calificación mejor. Es fácil prescindir de esta dicotomía: los historiadores contraponen a menudo cómodamente dos tipos de matemáticos antiguos: el matemático “puro”, como por ejemplo Euclides y Apolonio, y el matemático ingeniero como Arquímedes y, claro está, Herón. El doble estatuto de los segundos se supone que explica su eclecticismo. Tengo buenas razones para pensar que esta contraposición es artificial y que sirve sobre todo para obviar cuestiones delicadas acerca de la definición y el estatuto de la mecánica entre los Antiguos, así como sobre la Naturaleza de la eventual articulación entre matemáticas y mecánica en los antiguos griegos en general y en Herón en particular.

### c) La aproximación historiográfica (o “la historia” de “la historia”)

Subrayemos, en resumen, que aquello que Herón –como cualquier otro escritor antiguo– representa para nosotros, modernos, depende no sólo de la precedente cuestión documental, sino también parcialmente de las concepciones historiográficas dominantes en la historia de las ciencias. En tanto que Herón ha sido conocido sobre todo por su *Pneumática* (cuyo éxito mediante el Medievo y el Renacimiento está constatado), por su tratado sobre las máquinas de guerra (*Belopoeica*), su *Dioptra* y los manuales de matemáticas elementales del corpus (¡ahora considerados como no auténticos!), es verdad que la opinión que se ha formado de él no era muy halagadora: en el mejor de los casos un técnico y un agrimensor, en el peor, un artesano desprovisto de todo conocimiento científico.

Tal era el punto de vista dominante antes de que se tuviera conocimiento, casi simultáneamente de su *Mecánicas*, editada y traducida al francés por primera vez por Carra de Vaux en 1893, y de su *Métricas*, cuya existencia se conocía de forma indirecta por algunas citas, pero cuyo único manuscrito conservado fue hallado por P. Schöne en 1896. La dimensión erudita y libresca del autor no pudo ya ser puesta en duda ni dejar de subrayarse el carácter enciclopédico de su producción.

La historia de las ciencias de la época se aplicaba ante todo a los descubrimientos y otras innovaciones científicas. El interés de un autor se evaluaba en función de la originalidad que se creía poder reconocer en sus trabajos. En este contexto, si el interés de Herón como **fuentes** era evidente por sí mismo –como testimonia la bella edición crítica de sus obras en la *Biblioteca Teubneriana*– no lo



era menos su consideración como autor poco interesante por sí mismo, animado sobre todo por consideraciones pedagógicas y muy poco original. Este es, poco más o menos, el juicio de Heath.

El “palmarés” de la historia de las ciencias “a la antigua” ha sido completado poco a poco por el estudio de las filiaciones históricas o conceptuales, estudio previo e indispensable para evaluar la producción de los individuos. Estudio que introduce otro tipo de cuestiones: se aplica a estudiar sobre todo las modalidades de enseñanza de las ciencias, el perfeccionamiento de los paradigmas científicos, las formas o “estilos de pensamiento científico” (por parafrasear el título de una obra reciente, pero ya célebre) característicos de un medio, de una escuela y/o de una época...

En el caso que nos interesa se ha invocado la existencia de una Escuela de Alejandría, tanto para las ciencias y las matemáticas en general, como para la mecánica en particular. Se ha considerado que Herón, aunque no fuera más que por su patronímico, pertenecía a esta escuela. Pero si los Antiguos recurrieron a este tópico cuando de historia de la filosofía se trataba, fueron mucho más discretos en lo que tocaba a las matemáticas.

¿No estaremos en presencia de un artificio, respecto de los que la historiografía de las ciencias no ha sido precisamente avara, cuando ella misma ha multiplicado para los períodos más recientes las distinciones entre Escuelas francesa, alemana, italiana, inglesa, rusa, polaca... de matemáticas? Seguramente esta referencia a los nacionalismos –anacrónica para la antigüedad– subraya la dimensión creciente que han jugado en la historia de las ciencias las condiciones políticas, la organización de las enseñanzas, el desarrollo de las instituciones y de las sociedades eruditas en los diferentes Estados-Naciones de la época moderna. Queda claro que el recurso a la noción de “Escuela matemática de Alejandría” entre los historiadores modernos procede del uso similar –en sí, perfectamente legítimo– de articular la historia de la más abstracta de las ciencias con las inflexiones y rupturas de la historia social y política. La “Escuela Matemática de Alejandría” simboliza el supuesto nuevo estado de las matemáticas en la época helenística, en contraste con las de épocas anteriores, y esto, tanto desde el punto de vista sociológico como del de sus orientaciones teóricas fundamentales. Al mismo tiempo la reconstrucción histórica comporta una buena parte de arbitrariedad, fundada sobre numerosos argumentos *a silentio*, a causa de la naturaleza misma de nuestras fuentes: nosotros no disponemos de textos matemáticos completos anteriores a la época helenística. Para esta disponemos de ciertos escritos técnicos, pero que nos proporcionan escasas informaciones acerca de las motivaciones, los programas, los métodos, la enseñanza; la mayor parte de los textos se contentan con la exposición de resultados. Aunque hay una (pequeña) excepción que intentaré utilizar: los prefacios y otros preámbulos que, a partir de mediados del siglo III a.n.e., abren los escritos científicos.



## 1. EL ESTATUTO AMBIGUO DE LA MECÁNICA ENTRE LOS ANTIGUOS

### A) Aristóteles

Se puede ser razonablemente optimista pues no faltan textos antiguos que, de una manera o de otra, nos explican lo que es la mecánica o las mecánicas. Señalemos, para empezar, que el término “mechanikos, ê, on” es un adjetivo calificativo y que no carece de interés saber lo que califica, el sustantivo, a menudo sobrentendido: **arte(s)** mecánica(s); **problemas** mecánicos; **ciencia** mecánica... En la misma familia de léxico se encuentra el sustantivo “mêchanê”, el verbo “mêchanaô-ô” (imaginar, tramar, maquinarse, fabricar con arte, causar). El preámbulo de los “*Mêchanika*” del corpus aristotélico (847 a 12 - 847 b 15) distingue lo que actúa naturalmente (Kata physin) de lo que actúa “contra natura” (para physin), distinción de la que deriva el arte (technê), el cual, en beneficio de la humanidad, actúa contra natura (artificialmente). Algunas de estas cosas sorprendentes (¡“thaumadzetai” es la primera palabra del tratado!) requieren el uso de una mêchane (máquina, ingenio, artificio)

Podemos deducir de ello una primera “definición” de la mecánica: se trata de una parte de la técnica que trata de las máquinas; no olvidaremos las connotaciones de “maravilloso” y de “artificial” que la acompañan, ni el hecho de que el autor, aquí, no menciona la Mecánica, sino los problemas mecánicos. Un poco más abajo nos da un ejemplo –se puede incluso decir: **el paradigma del problema mecánico**–: “cosas que teniendo una potencia pequeña mueven pesos importantes”, y una nota interesante: los problemas mecánicos no son los mismos que los problemas físicos ni están separados de ellos; de hecho demandan a la vez especulaciones matemáticas y físicas, las primeras eran aquellas mediante las cuales la evidencia se manifiesta, las segundas eran aquellas gracias a cuya causa los problemas se plantean.

Que hubiera demostraciones en mecánica –supuesto que se pueda hablar de “ciencia mecánica”– es igualmente lo que destaca en algunas alusiones de Aristóteles en los *Segundos Analíticos* y en la *Metafísica*. El contexto es el de la utilización de una demostración propia de una ciencia en *otra* ciencia: esto no es posible más que en el interior de una ciencia *subordinada* a una ciencia denominada *directriz* o *hegemónica*; la mecánica es presentada como subordinada a la geometría, incluida su parte estereométrica. La discusión que versa sobre la demostración la limita Aristóteles al aspecto matemático. Pero si se tiene en cuenta el preámbulo de los *Problemas mecánicos* se podría reformular la posición aristotélica diciendo que la mecánica está subordinada a las matemáticas y a la física.



Creo que uno de los objetivos del Estagirita, con su teoría de la subordinación de una ciencia a otra, es la crítica de la clasificación de las ciencias elaborada en la Academia Antigua, sin duda durante el último periodo de actividad de Platón, clasificación en la que yo veo la matriz de la clasificación de las ciencias matemáticas de Gémino. Este filósofo estoico, discípulo de Posidonio, es el autor, en el siglo I antes (o después) de nuestra era, de una enciclopedia matemática desgraciadamente perdida. La clasificación en cuestión es expuesta en detalle por Proclo, en el primer prólogo de su comentario al Libro I de los *Elementos* de Euclides, a continuación de, y en contraste con, el célebre *quadrivium* pitagórico.

## B) La clasificación de Gémino

Vale la pena contemplar este texto un poco más de cerca:

a) El principio que rige la clasificación de Gémino es la contraposición entre matemáticas “puras” (aritmética y geometría) y matemáticas “aplicadas” (mecánica, astronomía, óptica, geodesia, canónica y logística) o, en términos antiguos, la contraposición entre matemáticas que tratan sobre **inteligibles** y las que tratan acerca de las cosas **sensibles**.

b) La contraposición entre estas dos modalidades de la ciencia existe ya en diálogos tardíos de Platón y va unida a la distinción fundamental de la filosofía de la Academia Antigua entre sensibles e inteligibles. Lo que evidentemente no quiere decir que existiera ya, en esta época, un ordenamiento tan detallado al nivel de subespecies como el que aporta Proclo.

c) Aparentemente dos de las cuatro especialidades del *quadrivium* han sido desdobladas en función de este principio: la ciencia del número en aritmética y logística, la de la magnitud en geometría y geodesia. El componente “sensible” de la Astronomía y de la Música (llamado Canónica) ha sido tomado en consideración para justificar su separación de la Aritmética y la Geometría en relación con el *quadrivium* pitagórico. Finalmente, dos ciencias matemáticas “nuevas” completan el cuadro: La Mecánica y la Óptica.

d) En lo que respecta a la Mecánica, la única indicación diferencial respecto a lo precedente es que se interesa por las cosas sensibles y **materiales** (*peri ta aisthêta kai ta enula*”; es difícil, sin duda, decir que el sonido, la luz o el rayo visual son materiales); los objetos de la Mecánica (y sin duda también los cuerpos celestes que estudia la Astronomía –cualquiera que sea la naturaleza de su materia–) están dotados de materia. Sin embargo, hay que remarcar que no existe una verdadera definición general de la Mecánica; en cambio las dos primeras subespecies vienen designadas a partir del tipo de artefactos que construyen, de los medios que se utilizan. Se recupera la idea de que la Mecánica es una parte de



la técnica de las máquinas. Ello se aplica claramente menos a la teoría de los equilibrios y de los centros de gravedad, o incluso a la esferopea. Otro rasgo no tan implícito, pero sin duda importante, es que dos de las especies de la mecánica son presentadas como imitaciones (*kata mimêsin*): la taumatopoiética y la esferopea, imitaciones de seres animados (el cielo es también un ser vivo), una suerte de parodia de física.

e) A la inversa, se precisa bien que la Astronomía esté estrechamente ligada a la **Física**. La progresión global de la presentación de Gémino de las seis ciencias específicas que tratan de las cosas sensibles parece seguir una implicación física creciente.

Para concluir con este texto importante se debe resaltar una diferencia muy nítida entre la versión de Gémino y la presentación que abre los *Problemas mecánicos* aristotélicos en cuanto al estatuto de la Mecánica: los problemas sugerían una doble subordinación a las matemáticas y a la física, mientras que Gémino coloca la mecánica como una parte de las matemáticas, con igual título que la óptica y la astronomía. Hay sin duda razones históricas para ello: el tratamiento que Arquímedes había propuesto de los centros de gravedad –incluido por Gémino en las subespecies de la mecánica– es muy matemático. Y hay que hacer notar que la mecánica es la única de las ocho ciencias en la que Gémino menciona nombres: Arquímedes-Ctesibios-Herón (¿un añadido de Proclo?), ¡como si la Mecánica se definiera por los mecánicos!

Esta es casi la misma descripción que encontramos en los extractos de Anatolio (siglo III d.n.e.), insertados al final de la colección de *Definiciones* atribuida a Herón: la misma enumeración de las especies, el mismo interés por la articulación de un sistema de ciencias. Pero con una reserva de envergadura, precisamente cuando el autor indica los dominios excluidos del ámbito de las matemáticas: ni la astronomía de observación, ni la práctica musical, ni lo que es llamado “Mecánica” únicamente por homonimia, encuentran gracia a sus ojos. Sin embargo, el texto nos indica claramente (“contrariamente a lo que piensan algunos”) que había debate a este respecto. Tenemos confirmación de ello en otro texto de gran importancia para nuestros propósitos: el importante prefacio al libro VIII de la *Colección* de Papo.

### C) El testimonio de Papo

A finales del siglo pasado, Paul Tannery afirmaba, un poco apresuradamente, que la presentación de Papo era la misma que la de Gémino, sugiriendo con ello que no había ni divergencias de opinión, ni evolución histórica notoria en la definición de la mecánica.



Por mi parte creo distinguir tres opiniones proporcionadas por Papo:

– La suya, en el párrafo dedicatoria, que no carece de interés al menos por dos razones: osa hablar de “teoría mecánica” (ἔ μηχανικὴ θεωρία); se comprende la utilidad de este estudio para los filósofos. Me parece que trata de contradecir el punto de vista expresado por Plutarco (o sus fuentes) según el cual la Mecánica, una vez que devino una rama del arte militar (volveré enseguida sobre esta genealogía caprichosa) fue menospreciada por los filósofos. Hay incluso un encausamiento implícito de la presentación aristotélica de la Mecánica, en base al cual se podía criticar esta disciplina en razón de su *artificialidad*. Papo incluye en la Mecánica los **movimientos naturales**; en términos aristotélicos, ¡hace de la Física general una provincia de la Mecánica!

– Nada de sorprendente tiene pues, que enlace con la mención de la opinión sostenida por los mecanicistas de la Escuela heroniana, opinión que disiente en un extremo esencial con el punto de vista de Gémino: hace de la Mecánica la **ciencia arquitectónica** por excelencia, incluyendo como especialidad la Aritmética y la Geometría, así como también ¡las artes manuales! No oso pensar lo que Plutarco pensaría de tamaña abominación.

– A pesar de los ejemplos librescos dados en el § 2 (*Pneumática, Automatas, Equilibrios, Clepsidras hidráulicas*), no creo que los “Antiguos” que son mencionados en múltiples ocasiones sean únicamente Herón y sus discípulos. Yo seguiría parcialmente a Tannery: en **éste** párrafo, Papo repite a Gémino, a menos que siga a Herón, quien por sí mismo refería la posición de sus predecesores, como Gémino.

En efecto, la comparación de los dos textos en cuanto a vocabulario utilizado, sobre todo en su segunda parte (a partir de “Los Antiguos llaman también mecánicos a los ilusionistas...”), la definición de la Mecánica por quienes se llaman “mecánicos”, la mención de las mismas cuatro subespecies, la imitación de los seres vivos... no deja ninguna duda a este respecto. La referencia a Arquímedes se halla también en Gémino; la de Ctesibio ha desaparecido; claramente el corpus heroniano es la **referencia** más fácil de consultar para Papo.

La única diferencia –pero importante– es la inserción de una quinta subespecie, en primera posición, a saber: el arte de los “artefactores” (constructores de máquinas de elevación), especialidad que se había desarrollado, sin duda, a lo largo de la época que separa a Géminos de Papo, como se ve muy claramente en el capítulo X del *De architectura* de Vitrubio, en la *Mecánica* de Herón y en la continuación del Libro VIII de la *Colección* de Papo.

Una confirmación de que la fuente principal de Papo es aquí Gémino podría encontrarse al comienzo del argumento siguiente, cuando va a discutir el “caso Arquímedes”: el Siracusano ha consagrado uno o más tratados a la Mecánica. El estoico es citado por su nombre y mencionado el título de su obra (*Peri tês tôn mathemathôn taxêôs*); forma parte de las fuentes de Papo, incluso si es por



intermediación de Carpos. La continuación de este texto (§ 3) muestra claramente que lo que está en juego es:

1. El vínculo Geometría-Mecánica, en particular el papel instrumental que pueden alcanzar las matemáticas “inteligibles” (por mantener la terminología de Gémino) en las ciencias mixtas.

2. El lugar de Arquímedes en la historia de la Mecánica.

La conexión de estos dos problemas es claramente anterior a Papo. Al leerle se podría incluso pensar que una controversia habría enfrentado a Gémino y al mecánico Carpos de Antioquia, un autor del primer siglo de nuestra era, quizás contemporáneo de Herón. Idénticos tópicos son ligados por otro autor, el célebre prosista Plutarco de Queronea (46-120). La belleza que la Geometría pierde en sus aplicaciones, según Carpos (y Papo), es la exacta contrapartida de la decadencia que denuncia Plutarco. Esta aproximación “histórica” o “biográfica” nos dice algo a su manera del ambiguo estatuto de la Mecánica.

## 2. MECÁNICA Y FORMAS LITERARIAS

Me propongo examinar ahora los títulos de las obras que contienen el término “mecánica(s)”. Por pocos que sean, estos escasos títulos –y los contenidos de las obras, cuando podemos saber algo de ellas– muestran también que la Mecánica, como las demás ciencias matemáticas antiguas, conoció diferentes estilos de investigación, y en consecuencia, diversas formas literarias de exposición.

– Primero está el problema mecánico. Se trata a menudo de introducir una investigación causal: “¿Por qué las balanzas más grandes son más precisas que las más pequeñas?”. Es la forma expresiva de la colección aristotélica de *Problemas mecánicos* (*Mêchanika*), que desborda ampliamente el marco de las matemáticas. Herón las retoma en una parte del libro II de su *Mecánicas*, pero también en su *Barouklos* y esta vez de forma más matematizada: “queremos mover un peso dado con una fuerza dada por medio de un tren de engranajes”. Papo le sigue los pasos. Introduce un enunciado importante en la historia de la Mecánica, relativo al plano inclinado; su presentación sugiere que el problema es nuevo: “un peso dado transportado por un plano paralelo al horizonte con una fuerza determinada, y dado otro plano inclinado con un ángulo dado sobre el plano subyacente, averiguar con qué fuerza se verá transportado el peso por el plano inclinado”.

– En la época helenística conocemos, gracias a algunas autoreferencias del autor, la existencia de una **Sintaxis Mecánica** (*Mêchanikê Syntaxis*), compuesta por Filón de Bizancio hacia el 225 antes de nuestra era.

Se trata de una serie de **monografías** consagradas a las principales partes de la Mecánica y de gran amplitud, pues incluía Introducción [(*mecánica*), *Isagôgê*];





*Tratado de las palancas* (Mochlika); *Construcción de puertos* (Limenopoeika); *Máquinas de guerra* (Belopoeika); *Pneumáticas* (Pneumatika); *Autómatas* (Automatopoeika); *Construcción de fortalezas* (Parakeuastika); *Sitio y defensa de las ciudades* (Poliorketika); *Mensajes secretos*.

Este conjunto representa verosíblemente la síntesis y el balance de las producciones anteriores en materia de técnicas. Por desgracia se halla perdida en parte; no subsisten sino *Máquinas de guerra*, *Sitio y defensa de ciudades* y trozos de *Construcciones de fortalezas*, en griego; *Pneumáticas*, en árabe y parcialmente en latín. Esta *tentativa* de gran síntesis técnica es una de las características con que los historiadores identifican la Escuela de mecánicos de Alejandría, que operan con el mismo espíritu que Euclides y su enciclopedismo matemático (aritmética, geometría, astronomía, música, óptica, catóptrica, posiblemente mecánica, o sea, todas las ciencias “verdaderas”, según la clasificación de Gémino) y que encontramos más tarde en las grandes composiciones ptolemaicas. La *Sintaxis*, si nos atenemos al título, implica un ambicioso proyecto, comparable al del *Almagesto* de Ptolomeo (en griego, *Syntaxis Mathemathika*).

Desafortunadamente, la desaparición de algunos de estos tratados, en particular de aquellos que sin duda eran bastante teóricos, como la *Introducción* y el de *las Palancas*, dificulta la comparación con Herón. Dicho lo cual, tenemos motivos para creer que algunos de los tratados heronianos consisten en actualizaciones o reediciones de algunas partes de la *Syntaxis*, sobre todo de aquellas especialidades en las que se habían realizado sensibles progresos (*Pneumáticas*, *Autómatas*).

– Finalmente, y lo más importante en lo que nos concierne, existe una tradición de *Elementos de mecánica* o *Introducciones a la mecánica*. Es difícil afirmar si representan una especie de programa de “mecánica elemental”, más o menos matematizada, expediente obligado para la formación de técnicos, porque nada prueba que haya existido algo estable al respecto, y además porque los dos únicos textos conservados, el libro I de las *Mecánicas* de Herón y la *Introducción a la mecánica* de Papo sufrieron, en su transmisión, mutilaciones y añadidos.

Estas obras, por su propia naturaleza, suponen un largo trabajo previo de “reducción” de problemas, de análisis de dispositivos y de soluciones, de poner en evidencia los “elementos” comunes a situaciones diversas. Este itinerario, como es sabido, lo hallamos en el conjunto de las ciencias, y más generalmente, en todas las disciplinas intelectuales de la antigua Grecia. Esas “reducciones” pueden resultar mecánicas en su formulación. Por ejemplo, igual que hay cinco elementos en la física aristotélica y cinco poliedros regulares en matemáticas, hay cinco máquinas simples y sólo cinco (el torno, la palanca, la polea, la cuña y el tornillo sin fin). Además se explica su eficacia (la posibilidad de mover un gran peso mediante una fuerza pequeña) reduciéndolas a una de ellas, la palanca. La influencia de las ciencias –en particular de las matemáticas– se halla, por tanto, en el nivel de la



forma literaria de exposición y del modelo intelectual que esta presupone, pero eso no es específico de la mecánica. ¡Hay incluso *Elementos* de “teología”! Por el contrario, los historiadores de la técnica subrayan la tentativa de realizar una síntesis entre ciencias y técnicas, especialmente mediante el bies de una matematización parcial intentada por los matemáticos de Alejandría. Evidentemente no se trata de formular, sino de aplicar leyes naturales que describen los fenómenos en forma de ecuaciones algebraicas o diferenciales.

Pero el recurso a la geometría constituye indiscutiblemente una forma de racionalización, que asimismo encontramos tanto en el nivel de la explicación causal como en el de las construcciones. Así, por ejemplo, en el análisis de las máquinas simples, la matematización permite avanzar un paso a la abstracción: se remite la aparente paradoja de la potencia de la palanca a las características excepcionales de la figura geométrica por excelencia, el círculo. Pero también intervienen otras figuras geométricas como el triángulo rectángulo; permite la construcción del tornillo; nos enseña como éste se asimila a una cuña enrollada; y combinada con la teoría de las proporciones permite mostrar, incluso, que se explica por la misma razón el que una cuña más afilada penetre un cuerpo más fácilmente y el que sea más fácil utilizar tornillos de paso corto que de paso largo. En cuanto a las construcciones, su patrón es el modelo musical del “tono”: las dimensiones de todas las partes del Todo –tanto máquinas como edificios– se determinan en función de un módulo y basta fijar las dimensiones de éste (asimilado por nuestros autores al “elemento” de la gama musical) para determinarlos todos. En el caso de las máquinas de guerra encontramos en Filón tablas que permiten adaptar las dimensiones efectivas del módulo (y por tanto de la máquina), el peso de los proyectiles utilizados y el alcance que se les pretenda dar.

Por las razones documentales ya invocadas no es fácil ni evaluar el lugar de las matemáticas en la *Sintaxis* de Filón ni establecer comparaciones con Herón. Sabemos en todo caso que uno y otro, como buenos discípulos de Arquitas, propusieron soluciones al problema de las dos medias proporcionales, cuya solución efectiva se requiere para la práctica de las construcciones a escala, reducida o aumentada. Dominar este asunto es para nuestros mecánicos una manera clara de mostrar que dominan problemas geométricos no elementales, en el sentido euclidiano del término.

Una comparación con el tratado *Sobre la Arquitectura* de Vitrubio, compuesto hacia el 25 d.n.e., nos da una especie de contraprueba. Al igual que Herón, el autor romano tiene una concepción arquitectónica de su especialidad. Nos explica que la arquitectura es doble: práctica y teórica, y que comprende tres partes, que son: la construcción, la gnomónica y la *mecánica*, entendida aquí como “arte de las máquinas”. Subraya igualmente todo lo que el arquitecto debe saber de las demás ciencias para estar bien formado, en especial de las ciencias matemáticas, de las que da una enumeración razonada. Pero la intervención de las matemáticas



en *Sobre la Arquitectura* es muy limitada. Sólo en el Prefacio al Libro IX (4-14) presenta Vitrubio cuatro ejemplos de invenciones matemáticas, entre las más útiles, según él, para la vida humana, y por tanto dignas del mayor reconocimiento y admiración. Se trata de la duplicación del cuadrado, atribuida a Platón; la “escuadra” de Pitágoras (fundada sobre la tríada 3, 4, 5) y su utilidad en la concepción de las escaleras; la noción de densidad específica descubierta por Arquímedes y presentada por Vitrubio en el marco de la famosa anécdota de la corona de Hierón y el baño de Arquímedes. Cada vez, en una o dos páginas, explica muy correctamente de lo que se trata. En cuanto al último ejemplo, se trata precisamente del problema de las dos medias proporcionales. Vitrubio se conforma con referir el relato tradicional concerniente al origen del problema y a mencionar a dos matemáticos célebres por haber resuelto esa cuestión: Arquitas de Tarento y Eudoxo de Cnido. A diferencia de los casos precedentes, el lector no sabrá nada de los detalles de la solución. Seamos caritativos con Vitrubio; un tratamiento tan elusivo se debe a las limitaciones que supone en sus lectores –a su mitigado interés por las matemáticas– más que a las suyas propias. Pero no es menos cierto que la exposición de nuestros mecánicos griegos supone, *a contrario*, unos lectores interesados en ese género de cuestiones (y una maestría matemática no elemental por parte de los autores).

### **CONCLUSIÓN: HERÓN, ERUDITO ALEJANDRINO**

Hemos visto en qué sentido y medida se puede considerar a Herón un representante de la Escuela de mecánicos de Alejandría. El camino es un tanto circular, pues se caracteriza a ésta a partir de los trabajos de aquél, y prácticamente no disponemos de textos mecánicos que provengan claramente de otra escuela identificada como para distinguir lo que es característico de Alejandría y lo que es simplemente helenístico. De los dos criterios que he tomado de los historiadores de la técnica, uno de ellos tiene en todo caso buenas razones para ser relacionado con la capital de los Lagidas: el enciclopedismo científico, el saber por acumulación, enciclopedias, colecciones, síntesis y actualizaciones. Hemos visto que hay de ello en la *Sintaxis mecánica* y he mencionado otros ejemplos, anteriores y posteriores, como el de Euclides y el del autor del *Almagesto*. Pues lo que está claro es que estas vías no son específicas de las matemáticas y que se deben a la orientación general dada por los Ptolomeos a su política cultural y a las instituciones que fundaron para sostenerla, entre otras evidentemente, el célebre Museo y su Biblioteca. También está claro que esa orientación influyó en las condiciones del trabajo intelectual, incluida la composición de obras matemáticas. Dos rasgos son especialmente notorios:



1. En un universo donde los saberes se han convertido en acumulativos el deber de un autor es triple: seleccionar, repetir, corregir y completar a sus predecesores. Al hacerlo se vuelve más o menos historiador de su disciplina; tiene que situarse tanto en relación a los Antiguos (en general mencionados con respeto) como a sus predecesores (criticados la mayoría de las veces).

2. Su conocimiento es necesariamente libresco; no es sólo un sabio, es también un erudito.

Sabemos que los antiguos textos matemáticos griegos se ocupan poco de cuestiones no estrictamente técnicas, pero en los autores que podemos referir directa o indirectamente a Alejandría aparece un rasgo nuevo de la historia literaria, desde mediados del siglo III antes de nuestra era: sus textos van precedidos por una *carta-prefacio* o al menos, por un preámbulo. Estas cartas-prefacio aparentemente son una novedad, fundamental para nosotros los modernos, pues suministran los escasos conocimientos de que disponemos sobre la comunidad formada por los matemáticos de la época helenística, sus relaciones mutuas, sus motivaciones... Aquí es donde podemos localizar las huellas del movimiento que acabo de evocar y haciendo un pequeño esfuerzo de memoria vemos que están patentes en el prefacio del Libro VIII de Pappo, que ya hemos glosado suficientemente.

**Todos** los tratados que se conservan de Herón —considerados auténticos— se hallan precedidos por una carta-prefacio o un preámbulo, con excepción de las *Mecánicas*, cuyo comienzo está mutilado. El aspecto acumulativo del desarrollo de las técnicas se manifiesta con claridad en los prefacios de los tratados de *Métricas*:

*“En la medida en que el mencionado estudio es necesario creemos conveniente **reunir** lo que escribieron nuestros **predecesores** y lo que nosotros mismos hemos añadido”*

Asimismo en la *Pneumáticas*:

*“...creemos necesario **ordenar** también nosotros lo que nos han transmitido los Antiguos, añadiendo nuestros propios descubrimientos”*

En cuanto a la exigencia de rectificación (diorthosis), por decirlo como los geógrafos y filólogos, queda explícita en el preámbulo a *Sobre la dióptrica*:

*“La ciencia de la dióptrica ofrece gran número de aplicaciones de primera necesidad y ya hemos hablado bastante del asunto, y pienso además que es necesario reconocer en su justo valor la herencia transmitida por nuestros predecesores y que como ya he*



*dicho propone una aplicación práctica; y luego corregir lo que haya de obscuro, aclarándolo a fin de rectificar lo erróneo”.*

El comienzo de su tratado *Métricas* proporciona a Herón la oportunidad de hacer una (muy) sucinta historia de la geometría, entendida como ciencia de la medida, en la línea del “relato tradicional”, o sea, de Herodoto. Eso le permite rendir homenaje a la sagacidad de dos de sus ilustres predecesores: Eudoxo y Arquímedes. También en la *Dióptrica* vemos que se las da de “historiador” eligiendo precisamente como planteamiento de ejercicios prácticos los dos siguientes:

– Restitución de las lindes de un terreno a partir de los dos o tres conservados y de un plano (operación que debían realizar los agrimensores, según el relato tradicional de los orígenes de la geometría).

– Excavación de un canal provisto de bocas de aireación a través de una montaña para unir dos pueblos, obra que no podemos menos que relacionar con la excavación en la isla de Samos, hacia el 530 a.n.e., de un túnel por el arquitecto Eupalinos, una de las más hermosas obras técnicas de la época arcaica, como ya señalaba Herodoto). La resolución de este problema determina la estructura de buena parte del trabajo de Herón.

Probablemente le hubiera sorprendido mucho constatar que, lejos de comprender el guiño del erudito, algunos historiadores han creído encontrar en esos problemas y en el prefacio del Libro I de las *Métricas* la confirmación de que el trabajo de Herón era el de un agrimensor que se inspiraba en los métodos antiguos de los egipcios. Aunque sea un sabio ilustrado Herón sigue siendo un mecánico. Sus prefacios le ofrecen en diversas ocasiones la posibilidad de subrayar la utilidad de las técnicas, el beneficio que se puede obtener de las máquinas y los instrumentos, así como de las ciencias matemáticas. Aunque no está explícito hay buenas razones para creer que este rasgo apunta hacia quienes, en línea con Platón, se atrincheran en el ideal demasiado estrecho de la ciencia desinteresada. Que hubo polémica lo muestran los prefacios anónimos que inician el *Códice de Constantinopla*, compilación de textos de Herón, pero cuyo grandioso título era el de *Geometría de Euclides*. El primero, perfectamente acorde con el espíritu de Herón, Carpos de Antioquía y Papo, subraya el valor instrumental de la geometría, considerada como “el ojo de la astronomía”. Tamaño abominación no podía quedar sin respuesta: un segundo prefacio, que comienza “*Por otra parte*”, recuerda que los principios de la geometría proceden de la filosofía (y no de las necesidades y del utilitarismo) e invoca la autoridad del divino Platón. No podemos estar seguros de que el primer texto provenga de Herón o de su escuela y que la utilidad fuera su motivación para estudiar a Euclides, pero aparentemente, en Alejandría, al principio de nuestra era, hombres como Herón pensaban que se podía ser a la vez industrial y cultivado.

**BIBLIOGRAFÍA****1. Textos antiguos**

*Heronis Alexandrini opera quae supersunt omnia*, ed. W. Schmidt, Leipzig, in aed. B. G. Teubner. 5 volúmenes.

I.: *Pneumatica, Automata* (1899, W. Schmidt); II.: *Mechanica, Caloptrica* (1900, L. Nix & W. Schmidt); III.: *Metrica, Dioptra* (1903, H. Schöne); IV.: *Definitiones, Geometrica* (1912, I. L. Heiberg); V.: *Stereometrica* (1914, I. L. Heiberg). Texto griego (arabe pour les *Mécaniques*, latin pour la *Caloptrique*) y traducción alemana.

A completar con:

Heron, *Belopoiica*, texto griego y traducción inglesa en Marsden, E. W., *Greek and Roman Artillery*. Technical Treatises. Oxford, at the Clarendon Press, 1971, pp. 17-43.

*Codex Constantinopolitanus* (contient les *Métriques* et des extraits des *Geometrica* et *Stereometrica*). Facsímil del manuscrito, texto griego, traducción inglesa y comentarios por E. M. Bruins. 3 vol. Leiden, E. J. Brill, 1964.

*Les Mécaniques ou l'élévateur des corps lourds*. Texto árabe y traducción francesa por B. Carra de Vaux. Imprimerie Nationale, 1894. Reimp. Paris, Belles-Lettres, 1988 con un prefacio de D. Hill y un estudio de A. G. Drachmann.

*Les Pneumatiques d'Héron d'Alexandrie*. Traducción francesa y notas por G. Argoud y J.-Y. Guillaumin con la colaboración d'A. Cachard. Centre Jean Palerne, Mémoires XV. Publications de l'Université de Saint-Étienne, 1997.

*Pappi alexandrini collectionis quae supersunt*, ed. F. Hultsch, Berlin, Weidmann, 1876-1878. 3 vol. Texto griego y traducción latina. I.: Lib. II-V, rel.; II.: Lib. VI-VII, rel.; III. 1: Lib. VIII, rel., schol. Suppl.; III. 2: Indices. Reimp. Amsterdam, A. M. Hakkert, 1965.

Pappus d'Alexandrie, *La Collection mathématique*. Traducción francesa, P. Ver Eecke. 2 vol. Bruges, Desclée de Brouwer, reimp. Paris, A. Blanchard, 1982.

*Procli Diadochi in primum Euclidis Elementorum librum Commentarii*, ed. del texto griego, G. Friedlein, Leipzig, in aed. B. G. Teubner, 1873. Reimp. Hildesheim, Olms, 1967.

Proclus de Lycie, *Les Commentaires sur le Premier Livre des Éléments d'Euclide*. Traducción francesa, P. Ver Eecke. Bruges, Desclée de Brouwer, 1984. Reimp. Paris, A. Blanchard. *A commentary on the first Book of Euclid's Elements*. Traducción inglesa, G. R. Morrow. Princeton University Press, 1970.



## 2. Estudios Modernos

Argoud G. (ed.), *Science et vie intellectuelle à Alexandrie*. Centre Jean Palerne. Publications de l'Université de Saint-Etienne, 1994. [En particular: Argoud G., «Héron d'Alexandrie, mathématicien et inventeur», pp. 53-65; Fleury: Ph., «Héron d'Alexandrie et Vitruve: A propos des techniques dites "pneumatiques"», pp. 67-81; Vitrac, B., «Euclide et Héron: Deux Approches de l'enseignement des mathématiques dans l'Antiquité? », pp. 121-145].

Argoud G. & Guillaumin, J. Y. (eds), *Sciences exactes et sciences appliquées à Alexandrie* (III<sup>e</sup> siècle av. J. C.-I<sup>e</sup> siècle ap. J. C.). Actes du Colloque International de Saint-Étienne, 1998. [En particular: Jacob, C. «La Bibliothèque, la carte et le traité. Les formes de l'accumulation du savoir à Alexandrie», pp. 19-37; Fleury, Ph. «Les sources alexandrines d'un ingénieur romain au début de l'Empire», pp. 103-114; Argoud, G. «Héron d'Alexandrie et les *Pneumatiques*», pp. 127-145.

Drachmann, A. G. & Mahoney, M. S., art. «Hero of Alexandria » dans Gillipsie, Ch. (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, vol., New York, Scribner's & sons, vol. VI, 310-315.

Gilles, B., *Les mécaniciens grecs: la naissance de la technologie*. Paris, Éditions de Seuil, 1980.

Heath, T. L., *A History of Greek Mathematics*. Oxford, Clarendon Press, 1921. Réed. New York, Dover Pub., 2 vol., 1981: I. From Thales to Euclid. II. From Aristarchus to Diophantus. El capítulo XVIII (vol. II, pp. 298-354) dedicado a Herón ("mathématicien").