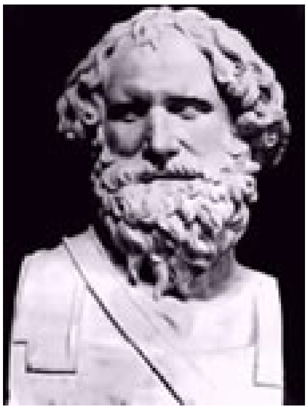

Es no sólo el talento matemático griego por excelencia, sino el científico más célebre de la Antigüedad. Su fama nació tanto de sus contribuciones teóricas, como -o quizá más- de sus habilidades técnicas en ingeniería civil y militar, y de la circunstancia de estar en el lugar y en el momento oportunos (la caída de Siracusa el año 212, durante la 2ª guerra púnica entre los romanos y los cartagineses -a quienes Siracusa se había aliado dos años antes-), para atraer la atención de los grandes historiadores greco-romanos (Polibio, Livio, Plutarco). Mereció una biografía temprana de Heráclides, hoy perdida. Pese a su popularidad y a la vez en aras de ella, las noticias que nos han llegado de su vida y milagros, heurísticos e ingenieriles, no son muchas, ni son todas fiables -véase el panorama crítico que Knorr ha presentado en [7].

Sabemos por él mismo (Arenario, I 9) que fue hijo de Fidias, astrónomo. Mantuvo, al parecer, buenas relaciones con la dinastía siracusana y le rindió cumplidos servicios: tal vez fuera una especie de consejero áulico del tirano Hierón II, a cuyo hijo -y corregente- Gelón está dedicado el Arenario. Hierón, un sagaz estadista, procuró sacar partido de la inventiva de Arquímedes, sobre todo en obras de fortificación y defensa militar, al tiempo que lamentaba no disponer en sus dominios de otro talento similar para el desarrollo de la agricultura.

El dato mejor establecido de la vida de Arquímedes es su muerte en el fragor de la toma y saqueo de su ciudad natal, Siracusa, en 212 a.n.e. Es fama que murió a manos de un legionario mientras se hallaba absorto en la consideración de un problema geométrico, aunque ésta sólo sea una de las varias versiones que correrían siglos después sobre una desgracia también sentida por el general romano Marcelo, ansioso de conocer al “Briareo geómetra” que había contenido y atemorizado con toda suerte

de máquinas y artilugios defensivos a sus tropas de asalto.
Si, a partir de ese dato, diéramos crédito a lo que Tzetzes, un polígrafo bizantino del s. XII, afirma sobre Arquímedes: «trabajó en geometría hasta edad avanzada viviendo 75 años» (Quiliades, 2, historia xxxv), podríamos suponer que nació el año 287 a.n.e.

Nada tenemos acerca de su formación como no sean conjeturas. Puede que, bajo la tutela de su padre, estudiara astronomía: no solo estaba bien informado -es nuestra primera fuente sobre la concepción heliocéntrica de Aristarco-, sino que construyó un planetario o una esfera celeste móvil donde estaban representadas las constelaciones -formó parte del botín romano (Cicerón, De re pub., I, xiv, 21-22)-, además de escribir una obra hoy perdida sobre este tipo de aparatos; el citado Arenario da ya muestras de su interés por las mediciones angulares. Puede también que la astronomía lo condujera inicialmente hasta Eudoxo, aunque luego le interesasen de él en especial sus contribuciones matemáticas y en particular los supuestos implícitos en su método de convergencia. Se dice, cómo no, que viajó a Egipto y, más aún, que dejó allí la impronta de su ingenio con la invención de una coclías, “rosca o tornillo de Arquímedes” -sabemos que los romanos emplearon una coclías de roble en una mina de Sotiel Coronada (Huelva) para la extracción de agua-. En la misma onda, cabe suponer que hiciera la “obligada visita” a Alejandría. Lo cierto, en todo caso, es su comunicación personal y su correspondencia científica con algunos matemáticos alejandrinos distinguidos por su competencia matemática, Conon de Samos, o por su valía intelectual, Eratóstenes de Cirene, o por alguna otra razón que hoy se nos escapa, Dositeo de Pelusio. Pero sus relaciones con la comunidad alejandrina, tal vez investida de una ortodoxia post-euclídea, no dejaron de ser un tanto problemáticas: Arquímedes parece impacientarse en ocasiones, como Apolonio, ante unos investigadores y becarios -digamos- del Museo de Alejandría que han sustituido la investigación original por el celo escolar en las demostraciones de lo ya sabido. Aparte de esos eventuales viajes, se supone que Arquímedes residió siempre en Siracusa donde -según las leyendas- gozó de gran popularidad gracias a alguna extravagancia y a no pocas maravillas. Por ejemplo, se cuenta que, tras advertir en el baño la existencia de plata mezclada con oro en una corona real, corrió desnudo a la calle gritando: **«¡Eure ka! [héureka, lo descubrí]»** (Vitrubio, De archit. IX, c. 3); no consta si se refería a un fraude del artífice de la corona real, o al principio de la densidad relativa de los cuerpos: un sólido sumergido en un fluido menos denso que él experimenta un empuje vertical hacia arriba de intensidad igual al peso del volumen del fluido desalojado, cf. Sobre los cuerpos flotantes, I). Por otro lado, entre sus maravillas, se recuerda el arrastre por la playa, sin apenas esfuerzo y mediante un juego combinado de poleas, de una pesada embarcación de transporte de tres mástiles con toda su carga (Plutarco, Vidas. Marcelo, c. xiv). A esta exhibición se asocia la frase de Arquímedes:

«Si hubiera otro mundo, desde él podría mover éste» (Plutarco, ibd.) o, según otra versión, **«Dadme un punto de apoyo y moveré la tierra»** (Papo, Collect. VIII 11).

Lo cierto es su estudio de los centros de gravedad y las condiciones de equilibrio de la palanca (Sobre el equilibrio de los planos). Pero sus invenciones más célebres fueron las que ingenió para defender Siracusa del asalto romano: toda suerte de ballestas y catapultas; máquinas con cabrestantes y con brazos articulados, capaces de atrapar y levantar en el aire o estrellar contra las rocas las naves enemigas; espejos parabólicos ustorios, capaces de concentrar los rayos solares sobre esas mismas naves hasta el punto de incendiarlas (Plutarco, ibd., c. xv). La leyenda, en este caso sin un respaldo científico acreditado, ha sido pródiga en especulaciones y discusiones posteriores.

Pero la producción teórica de Arquímedes, desde el punto de vista de la historia de la ciencia, aún es más impresionante. No sólo por sus primicias físico-matemáticas, como la fundación de la estática y la hidrostática, sino sobre todo por su inteligencia matemática y sus contribuciones en geometría superior, más allá de los Elementos. Un vivo debate en torno a su biografía se centra justamente en las relaciones entre estas dos dimensiones de su obra: la ingeniería y la ciencia, la inventiva técnica y la investigación teórica.

Según Plutarco, un autor de la 2ª mitad del s. I que se dejaba llevar del neoplatonismo circundante, Arquímedes valoraba sus contribuciones teóricas muy por encima de sus invenciones prácticas: sus máquinas no pasaban de ser divertimentos o concesiones a las demandas regias (Marcelo, xiv). Hoy Schneider [14] tiende a pensar lo contrario y, entre otras consideraciones, vindica un interés primigenio de Arquímedes por las artes técnicas antes de plantearse cuestiones naturales y mecánicas y dedicarse a las matemáticas. Puede que el propio Arquímedes hubiera querido decir una última palabra si fuese cierto, como aseguran Cicerón (Tusc. Disputationes, V, xxiii 64-66) y Plutarco (Marcelo, xvii), el encargo a sus deudos de grabar sobre su tumba un resultado geométrico del que se sentía especialmente orgulloso: la figura de un cilindro que circunscribe una esfera y la razón por la que el volumen del cilindro excede al de la esfera, siendo aquél una vez y media ésta (Sobre la esfera..., I, 34 corolario; cf. Método, 2 [3, p. 47]).

Los escritos de Arquímedes fueron múltiples y variados. Aparte de la cuestión de autoría, en parte facilitada por su dialecto dorio original y en parte complicada por el amplio eco de su nombre en la Edad Media [6], un problema crucial es la cronología de las obras acreditadas y conservadas (cf. [8] y [13]).

Este punto tiene gran importancia para determinar la posible evolución del pensamiento matemático de Arquímedes, desde una primera filiación más bien eudoxiana hasta su propia madurez post-euclídea –sus relaciones con los Elementos y el Euclides alejandrino distan de estar claras–. Las obras conocidas suelen clasificarse dentro de tres grupos más o menos característicos (añadiré a cada título su probable número de orden cronológico, a la luz del estado actual de la discusión al respecto):

(A) Escritos matemáticos dirigidos a la demostración de proposiciones sobre áreas y volúmenes de figuras limitadas por líneas o superficies curvas: Sobre la medida del círculo (1), Sobre la cuadratura de la parábola (3), Sobre la esfera y el cilindro (6), Sobre espirales (7), Sobre conoides y esferoides (8).

(B) Obras que proceden al planteamiento y la resolución geométrica de problemas de estática e hidrostática, o se sirven de consideraciones mecánicas en el tratamiento de cuestiones geométricas: Sobre el equilibrio de planos I, II (4), Sobre los cuerpos flotantes I, II (5), Método (9).

(C) Trabajos con un aire de miscelánea matemática: Arenario (2), El problema de los bueyes (¿?), Stomachion (fragmentado, ¿?).

Por lo demás, no faltan otras muchas recensiones, atribuciones dudosas y referencias a obras perdidas sobre temas aritméticos -sistemas de numeración-, geométricos -poliedros semirregulares-, astronómicos -técnicas de construcción de planetarios-, ópticos -espejos y fenómenos de refracción- o, en fin, mecánicos -"balanzas", estudios de centros de gravedad y de condiciones de equilibrio-, hasta cubrir una lista total de unos 30 títulos. Alguna de las obras acreditadas ha cobrado una especie de historia propia, en especial el Método (la carta a Eratóstenes sobre el método relativo a las proposiciones mecánicas). La inesperada aparición, en 1906, del palimpsesto bizantino -originario del s. X- que lo contenía, provocó una reedición en 1913 de las obras acreditadas de Arquímedes; y ahora, tanto su reciente reaparición -en una subasta de Christie's en 1998-, como su tratamiento digitalizado están motivando una nueva edición crítica en curso, con repercusiones no sólo eruditas sino hermenéuticas (cf. [10]).

Portada de la Edición de Heiberg de las obras de

La interpretación del sentido y de la significación de su forma de hacer matemáticas es seguramente la cuestión más interesante y debatida sobre Arquímedes. Por fortuna, es una rara avis entre los antiguos matemáticos a la hora de explicitar sus supuestos y procedimientos. Para empezar, da a entender una suerte de realismo matemático de las propiedades inmanentes en los objetos geométricos ("figuras"), cuando trata de explicar su descubrimiento de ciertas relaciones entre el cono y la esfera:

«Estas propiedades ya eran inherentes por naturaleza a tales figuras, pero las ignoraban quienes se habían dedicado antes que nosotros a la geometría porque nadie había reparado en la simetría que hay entre esas figuras» (Prefacio de Sobre la esfera y el cilindro, I).

Puede que esta sensibilidad hacia la simetría sea una de las claves de su olfato geométrico y físico-matemático. De hecho, la idea de simetría también desempeña un papel notable en su concepción del equilibrio en estática. Pero no faltan ocasiones en la que se muestra más bien indiferente o ecléctico, e. g. al adoptar dos modelos distintos de referencia, uno cosmológico de líneas convergentes (Sobre los cuerpos flotantes, I), el otro geométrico de verticales paralelas (ibd., II), en sus estudios de hidrostática. En todo caso, resaltan una libertad de movimientos, una lucidez teórica y metódica, y un interés por la investigación monográfica avanzada que dan a su trabajo matemático un aire moderno de originalidad y autonomía.

Este aire moderno es uno de los problemas subyacentes en la comprensión de la forma de hacer matemáticas de Arquímedes.

El Método, su comunicación a Eratóstenes sobre el uso de nociones mecánicas en la investigación y la prueba plausible -no demostración canónica- de resultados geométricos, es casi un paradigma a ese respecto. En algunas sugerencias de los experimentos mentales de equilibrio allí expuestos -e.g. en la consideración de líneas como palancas y, más aún, en el supuesto de que las figuras se componen o llenan de sus cuerdas (o, para el caso, los sólidos de sus secciones)-, se han querido ver no sólo violaciones de la norma geométrica clásica, sino un preludio físico-matemático moderno y, más aún, el uso de infinitesimales hasta, en definitiva, el origen del cálculo integral e incluso la idea de límite (tópicos reiterados a partir de la entusiasta interpretación de [12]). Con todo y por mucho que se insista en el talento creador de Arquímedes, no son menos ciertas la integración de su obra en la doble tradición matemática griega, -calculística y métrica por un lado, deductiva y “axiomatiforme” por otro-, y sus contribuciones al desarrollo de la prueba dentro del marco finitista clásico, según muestra su tratamiento alternativo de algún problema del Método en Sobre la cuadratura de la parábola. La contribución más notable en este sentido es su refinamiento de la base teórica del método de convergencia avanzada por Eudoxo y sentada por Euclides, al adoptar como lema en el prefacio de Sobre la cuadratura:

«El exceso de la mayor de dos áreas desiguales sobre la menor [es una magnitud que] puede sobrepasar, si es añadida a sí misma [cuantas veces sea preciso], cualquier área finita dada»

y como asunción 5ª en Sobre la esfera y el cilindro (cf. el prefacio de Sobre las espirales):

«De dos líneas o superficies o sólidos desiguales, la mayor excede a la menor en una magnitud que, añadida a sí misma, puede exceder cualquier magnitud dada entre las consideradas».

Estas precisiones añaden a la consideración euclídea de la multiplicación o la aditividad (Elem. V, deff. 3-4), el caso de los excesos o las diferencias, y envuelven dos condiciones al respecto: (1) la diferencia entre magnitudes es una magnitud, y (2) es una magnitud del mismo tipo o de la misma dimensión que las consideradas.

BIBLIOGRAFÍA

[1]. M. Clagett, “Archimedes” en Dictionary of Scientific Biography (Ch. Gillispie, ed. New York, Scribner & Sons, 1970-1980, reimpresión posterior), vol. I, pp. 213-231.

[2]. R. Torija Herrera, Arquímedes. Alrededor del círculo. Madrid, Nivola, 1999. Una presentación general de la obra de Arquímedes con fines divulgativos y algunas referencias a su marco histórico.

- **http://www.history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/References/Archimedes.html**
- **http://www.thewalters.org/archimedes/plimpsest.html**

EDICIONES:

[3]. Archimedis opera cum comment. Eutocii. Edición de J.L. Heiberg. Leipzig, Teubner, 1910-1913 2ª edic., 3 vols. Reimpresión: Stuttgart, 1972.

[4]. Arquímedes, El Método. Edic. de L. Vega. Madrid, Alianza, 1986.

[5]. Arquímedes, El método relativo a los teoremas mecánicos. Edic. bilingüe (griego - español) de P.M. González Urbaneja y J. Vaqué. Barcelona, UAB / Univ. Politécnica de Catalunya,

1993.

LIBROS Y ARTÍCULOS:

[6]. M.Clagget, Archimedes in the Middle Ages. Madison (WI) / Philadelphia, Univ. of Wisconsin Press / American Philosophical Society, 1964-1984. Tomos I-V, 10 vols.

[7]. E.J. Dijksterhuis, Archimedes. Princeton (NJ), Princeton University. Press, 1987, reedición del original (Copenhaguen / New York, 1956) con un suplemento de actualización crítica y bibliográfica de W.R. Knorr, “Archimedes after Dijksterhuis: a guide to recent studies”, pp. 419-451.

[8]. W.R. Knorr, “Archimedes and the Elements: proposal of a revised chronological ordering of the Archimedian corpus”, Archive for History of Exact Sciences, 19/3 (1978), 211-290.

[9]. W.R. Knorr, “Arquímedes”, en J. Brunchswig y G. Lloyd, eds. El saber griego. Madrid, Akal (Diccionarios Akal), 2000; pp. 441-448.

[10]. R. Netz, “The origins of mathematical physics: new light on an old question”, artículo on line en Physics Today on the Web (mayo 2000) http://aip.org/pt/june00/origins.htm

[11]. B. Rodríguez Salinas, “Arquímedes”, en AAVV, Historia de la matemática hasta el siglo XVII. Madrid, Real Academia de CC. Exactas, Físicas y Naturales, 1986; pp. 79-99.

[12]. E. Rufini, Il metodo di Archimede e le origini del calcolo infinitesimale nell’ Antichitá. Milano, Feltrinelli, 1961, reedición del original (Bologna, 1926) a cargo de U. Forti.

[13]. I.Sato, “A reconstruction of the Method, Proposition 17, and the development of Archimedes’ thought on quadrature”, Historia Scientiarum, 31 (1986), 61-86, y 32 (1987), 75-142.

[14.] I. Schneider, Archimedes: Ingenieur, Naturwissenschaftler und Mathematiker. Darmstad, Wissenschaft Buch, 1979.