

LA REVOLUCIÓN OLVIDADA:
ASPECTOS LINGÜÍSTICOS DE UNA PÉRDIDA
Y RECUPERACIÓN. REFLEXIONES SOBRE
UN ENSAYO DE LUCIO RUSSO

Chantal Ferrer Roca & Andrea Bombi
Universitat de València

La convicción de que los antiguos sabios griegos se interesaron más por la especulación que por lo que actualmente llamamos ciencia parece un lugar común. Aunque algunos personajes son reconocidos como geniales y aislados precursores de alguna disciplina científica, en general se considera que los antiguos eran científicamente ingenuos, vivían en una sociedad preindustrial y no contaban con nuestros avances tecnológicos. Es acaso a los romanos a quienes habría que atribuir aplicaciones prácticas, sobre todo en obras de ingeniería, mientras que entre los griegos cundía el desprecio por aquello no puramente especulativo. Una versión más informada de esta opinión reconoce la importancia de Aristóteles, cuya autoridad en la antigüedad grecorromana y en todo el medioevo impidió un auténtico desarrollo de la ciencia que solo sería posible a partir del s. XVII, cuando la escolástica fue paulatinamente abandonada. Estas nociones de historia de la ciencia antigua se encuentran reproducidas en textos de divulgación o en libros de texto, a menudo a través de breves biografías que suelen quedar en lo anecdótico.

Un ejemplo paradigmático es el de Arquímedes (287-212 a. C.), conocido popularmente por haber ido corriendo desnudo por la ciudad de Siracusa, gritando “¡Eureka!”, tras encontrar, mientras se daba un baño, la solución del problema que el rey Hierón le había planteado: determinar si la corona de oro encargada a un orfebre había sido amalgamada, siendo así estafado. El aumento del nivel del agua y su desbordamiento al introducirse en la bañera habría inspirado a Arquímedes el método para resolver las dudas acerca de la corona (Vitruvio, 1978: IX, 9-12).

Cabe preguntarse legítimamente si la observación de ese común fenómeno, o el procedimiento que sugirió, podían ser motivo de tal entusiasmo por parte del genio arquimedeeo o si, como observa Galileo Galilei (1586): “par cosa, per così dirla, molto grossa e lontana dall’esquisitezza”, poco en sintonía con la fineza intelectual que Galileo le reconoce.

Por los tratados de Arquímedes conservados y los fragmentos de diferentes autores, se sabe que el siracusano abordó todo tipo de cuestiones de carácter físico-matemático y numerosos problemas tecnológicos (Babini, 1948; González Urbaneja & Vaqué Jordi, 1997; Netz & Noel, 2007). En el primer campo destacan el método de exhaustión –precursor del cálculo infinitesimal-integral recuperado entre los siglos XVII y XIX (González Urbaneja, 1992)–, el cálculo combinatorio, diferentes problemas mecánicos o estudios de hidrostática; en el segundo, diseño de polipastos, la *manus ferrea* que según Polibio destruyó la armada romana, el diseño de la nave *Siracusia* citado por Ateneus¹, o el planetario mecánico referido por Cicerón, cuyos fundamentos teóricos Arquímedes recogió en un tratado de esferopeica, o ciencia de construcción de astrolabios, esferas celestes y armilares (Evans, 2005), recuperada en Occidente a partir del s. XV gracias a tratados islámicos y bizantinos (Savoie, 2003). Ambas facetas, la teórica y tecnológica eran, pues, complementarias, como evidencian también diferentes artículos en (Paipetis y Ceccarelli, 2010).

Galileo conocía bien el genio polifacético de “*si divino uomo*” cuyas “*sottilissime invenzioni*” demuestran “*chiaramente [...] quanto tutti gli altri ingegni a quello di Archimede siano inferiori*”. Tanta admiración, al igual que el escepticismo sobre la historia de Vitruvio, proviene de la lectura del tratado *Sobre los cuerpos flotantes* –donde, por cierto, no hay nada sobre la corona–, que le proporcionó a Galileo los principios hidrostáticos con los que reconstruir el mejor método para discernir experimentalmente la composición de dos cuerpos de igual peso pero diferente densidad, es decir, el que habría usado Arquímedes si el problema de la corona se hubiera planteado realmente. El breve tratado *La Bilancetta* ya citado describe esta reconstrucción. Desde entonces, la balanza hidrostática de Arquímedes/Galileo se ha usado profusamente en diferentes campos de investigación, convirtiéndose incluso en objeto común en las colecciones de instrumentos de gabinetes experimentales –por ejemplo el de la Universitat de València (Bertomeu Sánchez & García Belmar, 2002)–. Las de hoy en día se diferencian únicamente por tener *display* digital en lugar de analógico.

Por el mismo periodo, y a diferencia de Galileo, el filósofo natural y académico linceo Giovanni Battista della Porta (1535-1615) cree en el relato de Vitruvio². Y observa que, pese a que la invención del gran griego merece

¹ Un *Titánic* de la época, con biblioteca, piscina y gimnasio. En su diseño se aplicarían los mismos criterios de estabilidad que garantizaban la precisión en el disparo de catapultas defensivas en barcos de esa época (Soede & Foley, 1981).

² Della Porta se movió “a medio camino entre el ‘magismo’ renacentista y el nuevo saber científico” (Piccari, 2007: 10). Véase el apartado 5, *infra*.

ser elogiada, no tiene la precisión requerida para resolver el problema de la corona, a diferencia de un nuevo y más preciso método moderno que utiliza una simple balanza. Puede, por tanto, exclamar “¡Supereureka!”, pues se ha superado al propio Arquímedes y su “¡Eureka!” (Della Porta, 1589: 285-286)³.

Se pueden extraer varias conclusiones de este episodio de la incipiente disputa sobre antiguos y modernos. Es probable que Vitruvio tuviera a su alcance todos los escritos de Arquímedes –de los que hoy sólo queda una parte–, sin embargo es incapaz de transmitir de forma fidedigna la hidrostática del siracusano, limitándose a ilustrarla con una anécdota superficial y legendaria. Se requiere un gigantesco salto de 1600 años para encontrar a alguien, Galileo Galilei, capaz de estudiar los tratados de Arquímedes, comprenderlos, y reconstruir un método que Vitruvio parece desconocer en el año 15 a. C. Por su parte, Della Porta se cree la anécdota y considera que el famoso Arquímedes ya ha sido superado por los últimos logros de la ciencia, obviando que los “nuevos” resultados provienen, en realidad, del propio Arquímedes: una supuesta “conquista moderna” es considerada superior *ipso facto* a la apenas redescubierta ciencia arquimedea. La actitud de Della Porta sería la predominante también hoy en día: considerar que los desarrollos científicos y tecnológicos del presente son, por defecto, mejores que en el pasado e independientes de él.

Podemos preguntarnos si esta peculiar historia es un caso excepcional o si, por el contrario, otros personajes e ideas o métodos habrían sufrido procesos similares. Y si, como sugiere la *bilancetta* de Arquímedes y Galileo, pueden pensarse de forma diferente los saberes científicos de los griegos y su influencia sobre la ciencia moderna, hasta el punto de cambiar la percepción común de la ciencia y tecnología helenísticas y de su recepción por la modernidad.

Pues bien, Lucio Russo, profesor de física matemática en la Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”, en su libro *La rivoluzione dimenticata: il pensiero scientifico greco e la scienza moderna* (en adelante *LRD*) plantea exactamente estas preguntas, proponiendo una respuesta bien precisa: el prodigioso florecimiento de la “nuova scienza” no es sino el resultado de la recepción en terreno fértil de los vestigios de la ciencia helenística; esa singularidad que conocemos como ciencia moderna no sucedió *ex novo* con Copérnico, Galileo, Kepler o Newton, sino que se originó en Alejandría y otras ciudades orientales, en el período helenístico. Esta tesis central contradice la percepción común del tema, al aseverar que entre los siglos IV-II a. C. se desarrolló y perfeccionó *el* método científico en un sentido restrictivo de la expresión. Este método se perdió porque la conquista romana

³ La recuperación moderna de los principios arquimedeos y de la balanza hidrostática podría relatarse con más detalle, sin cambiar la esencia de la argumentación, para la cual véase también Costanti (2010).

paralizó la actividad científica durante casi dos siglos. Después de una breve pero incompleta recuperación en época imperial (siglos II-III d. C.), solo se conservaron algunos rastros fragmentarios recogidos por divulgadores y por autores ajenos al método científico y al concepto de modelo teórico. La revolución científica de los siglos XVI-XVII no sería sino el resultado de la recuperación crítica de los textos antiguos –heredados y elaborados antes por la civilización árabe islámica– y de la trabajosa reconstrucción del método en una realidad histórica totalmente nueva.

Proponemos en estas páginas algunas reflexiones a partir de la lectura de este estimulante ensayo que tiene ya un largo recorrido editorial, con una primera edición en 1996 en la colección “Campi del Sapere” de la editorial Feltrinelli y sucesivamente, en el 2001, en la colección “Universale Economica”. La segunda edición revisada y ampliada (2003) se ha reimpresso por sexta vez en el 2010. El libro ha sido traducido al polaco, alemán e inglés. Destaca esta última edición, publicada por Springer en el 2004, que propone la edición del 2003 en un formato académico, con ilustraciones y mejorando el índice analítico. *La rivoluzione dimenticata* ha merecido reseñas de diferente índole en numerosas revistas, sobre todo de ciencia, historia y filosofía –véase el listado al final del artículo–. Es evidente que este libro no representa una novedad editorial. Si nos animamos a proponer estas líneas es porque, pese a la atención que ha recibido en Italia, diferentes países europeos y Estados Unidos, su repercusión en España podría calificarse de inexistente. Si bien en Piñero (2008: 663) se le concede cierto espacio, y no obstante su edición en inglés se encuentre disponible en numerosas bibliotecas universitarias, no nos consta que haya generado un debate significativo en la academia o fuera de ella.

A continuación describiremos y discutiremos algunos de los planteamientos de Russo aportando referencias complementarias que ayuden a entender y valorar la reconstrucción que propone. Al hilo de sus razonamientos, analizaremos el peso de los factores lingüísticos en el caso de la ciencia helenística, en su recuperación en la edad-moderna y, por lo tanto, también en el trabajo del historiador que pretenda reconstruir estos procesos. Como conclusión se reflexionará sobre algunas implicaciones del libro respecto a la difusión del conocimiento científico en nuestra época y sus relaciones con el resto de áreas de conocimiento.

1. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Para demostrar sus hipótesis, Russo organiza una gran masa de datos procedentes de diferentes especialidades, por lo que, en primer lugar, *LRD* presenta una síntesis de los hitos de la sociedad helenística que raramente

se encuentran de forma integrada en un mismo ensayo. Empezaremos por centrarnos brevemente en las noticias que se aportan en el capítulo 4 (*LRD*: 123-168) sobre algunos desarrollos tecnológicos, por ser aquellos que suelen constituirse en índices de *progreso* de una sociedad –aun recordando que estos progresos beneficiaron a élites restringidas (Dolfi, 2000: 46-49)⁴–.

La recopilación de Herón de Alejandría (Woodcroft, 1851), considerada durante tiempo una mera colección de entretenimientos, recogería, en realidad, invenciones de científicos del s. III a. C. cuyo uso frecuente es sugerido por hallazgos arqueológicos. Russo da cuenta de la existencia de sifones, émbolos de vacío, diferentes tipos de válvulas, y bombas hidráulicas⁵. Y también de piezas mecánicas como tornillos de precisión, engranajes demultiplicadores, o árboles de levas que transforman el movimiento circular en lineal alternado. No sorprende que se desarrollaran dispositivos mecánico-hidráulico-neumáticos, como expendedoras de líquidos que funcionaban con monedas, relojes de agua basados en un mecanismo similar al de nuestra eficiente cisterna del WC u otros dispositivos más sofisticados, como conjuntos de autómatas mecánicos que representaban breves obras teatrales, del tipo que reaparecería en la Europa de los siglos XVII y XVIII gracias a la reapropiación del tratado de Herón (Verin, 2007).

Merece especial atención la máquina de Anticitera. Los restos de este mecanismo se encontraron en 1902 en un barco hundido cerca de Creta y fueron estudiados por Derek De Solla Price (1922-1983) en los años 70. En el último decenio ha sido estudiada en profundidad, como demuestran, entre otras publicaciones, varios artículos en la revista *Nature* (y véase The Antikythera Mechanism Project, 2011): se han identificado al menos 32 engranajes, algunos de ellos diferenciales, que ponían en movimiento un complejo reloj-calendario que indicaba las posiciones de la Luna, el Sol y los planetas a lo largo del año. Esta pieza arqueológica excepcional da credibilidad a las noticias referidas por Cicerón (*LRD*: 109) sobre el planetario de Arquímedes (véase p. 2). Según el historiador de la ciencia François Charette (2006, 551), el mecanismo de Anticitera, de estupefaciente sofisticación tecnológica, “es un útil recordatorio de que la historia raras veces sigue recorridos sencillos y lineales”.

Igual admiración para la tecnología helenística suscita el estudio de las máquinas bélicas como torres de asedio, balistas, catapultas –en algunos casos

⁴ El propio Russo reconoce un fundamento del desarrollo del método científico en las relaciones privilegiadas entre científicos y monarcas helenísticos. Estos aprovecharon sus logros para fines militares y como instrumento de un poder autocrático.

⁵ Según Herón, para apagar incendios, pero también se usaron en minas, junto con norias y tornillos de Arquímedes, como la que se conserva en el Museo Arqueológico Nacional, hallada en la mina de Sotiel Coronada (Huelva), localizable a través de CERES Colecciones en Red (2011).

automáticas o de repetición y de aire comprimido– (Soede & Foley, 1979). Se han encontrado evidencias de que se acometieron desarrollos matemáticos de sorprendente refinamiento en el cálculo y adecuación técnica para la proyección y calibración de estas máquinas. Las noticias que Russo aporta sobre instrumentación, ingeniería civil o naval, se unen a las referidas a medicina, urbanismo, arquitectura, literatura, estudios filológicos o tendencias artísticas, insertando los avances científicos en el contexto de un más amplio desarrollo cultural y social.

El resultado más significativo de la síntesis operada por Russo es la relación que se establece entre estos sofisticados logros tecnológicos y el progreso de las ciencias que florecieron en el mismo período –óptica, catóptrica, neumática, geografía y geodesia, mecánica, matemáticas o astronomía–. En palabras de Russo, entre los siglos IV y II a. C. la ciencia “explotó”, teniendo a Alejandría como centro principal. Recordemos muy rápidamente a los principales protagonistas de este florecimiento y sus hitos. Además de Arquímedes, encontramos a Ctesibio y Filón de Bizancio, iniciadores de la escuela mecánica alejandrina o a Herófilo y Erasístrato, introductores del método experimental en anatomía y fisiología. Merece especial atención Euclides (325-265 a. C.), quien recopila en *Los elementos* los principios de geometría, presentándolos de forma axiomática y en términos de entidades abstractas de significado implícito (puntos, rectas, etc.): comentado a lo largo de siglos, este tratado ha tenido una enorme influencia en la historia de la ciencia y de la cultura en general al ser usado como libro escolar hasta principios del s. XX. Aristarco de Samos (310-230 a. C.) midió las distancias y tamaños de la Luna y el Sol relativos a la Tierra, encontrando al Sol mucho más grande que ésta; heredero de las ideas de Heraclidas Póntico (390-310 a. C.) y otros autores, formuló la teoría heliocéntrica que sería recuperada por Copérnico en el s. XVI. Eratóstenes (276-194 a. C.), bibliotecario del *museion* de Alejandría, es conocido por su tratado de *Geografía* (Roller, 2010) y por su correcta determinación del meridiano terrestre. Apolonio de Perge (262-190 a. C.), matemático y astrónomo, escribió un tratado sobre las secciones cónicas (elipse, hipérbola y parábola). Hiparco de Nicea (190-120 a. C.), descubridor de la precesión de los equinoccios, es conocido también por su extenso catálogo estelar y por su medida de la distancia Tierra-Luna. El astrónomo Seleuco de Seleucia (190-150 a. C.) defendió la infinitud del universo y, según Plutarco, demostró el sistema heliocéntrico de Aristarco “mediante razonamientos”, identificando en la Luna y el Sol el origen de las mareas.

Pero el ensayo de Russo no se limita a aportar un exhaustivo estado de la cuestión sobre la ciencia, la tecnología y la cultura helenísticas sino que reconstruye pacientemente aspectos de la ciencia helenística ocultos detrás de

redacciones corrompidas por la compleja tradición textual, con una solidez argumentativa que se apoya en la lectura directa de textos literarios antiguos y modernos. El contenido científico de los textos es reconstruido mediante una aproximación crítica fundada en métodos filológicos, y también valiéndose de una idea de método científico cuya naturaleza discursiva y, por tanto, lingüística, tiene importantes consecuencias para comprender los procesos de transmisión, desaparición y final recomposición de la ciencia.

2. EL MÉTODO CIENTÍFICO HELENÍSTICO, SU TRANSMISIÓN Y RECUPERACIÓN: ASPECTOS LINGÜÍSTICOS

Russo (*LRD*: 31-38) atribuye naturaleza científica a teorías caracterizadas por

- A) Formular afirmaciones acerca de entidades teóricas específicas. Por ejemplo, la geometría enuncia y deduce propiedades acerca de puntos o líneas, entidades abstractas que no existen en la naturaleza.
- B) Una estructura rigurosamente deductiva, fundada en la demostración lógica y el cálculo, que permite obtener consecuencias ilimitadas a partir de postulados iniciales sobre las entidades teóricas. La solución de problemas por este camino con el acuerdo entre los expertos garantiza la “verdad” de las afirmaciones dentro del modelo teórico.
- C) Reglas de correspondencia entre entidades de la teoría y los objetos concretos –evidenciadas por el método experimental– garantizan que el modelo teórico sea aplicable al mundo real. La tecnología científica es consustancial al método y sólo puede nacer con la ciencia exacta: el diseño y construcción de máquinas y el desarrollo tecnológico son imposibles sin los modelos teóricos y surgen de elaboraciones abstractas, como sucede en el caso de la hidrostática de Arquímedes y la construcción naval.

Esta definición restrictiva de método científico –que no satisface a algunos censores (Netz, 2002; Cini, 2003: 14-16) y que, sin embargo, resulta familiar a quien trabaja en el ámbito de las ciencias exactas– tiene la ventaja de resultar operativa a la hora de distinguir entre la ciencia helenística y la ciencia de otras épocas. Además, refleja el método que emplean Arquímedes y Euclides en sus tratados, radicalmente distinto al de la filosofía natural de la Grecia clásica y de la época romana. Para los científicos alejandrinos no se trató de buscar infructuosamente “enunciati assolutamente veri sul mondo”, siguiendo a Platón o Aristóteles, sino de aceptar la posibilidad de afirmaciones verdaderas dentro de los límites de modelos teóricos, para así “salvar los fenómenos”, es

decir, explicar racionalmente las percepciones de los sentidos. Y de trasladar los resultados al mundo real mediante el desarrollo de la tecnología científica (véase *infra* apartado 3).

El reconocimiento de la peculiar cultura científica helenística descansa en un fundamento historiográfico preciso: el surgimiento y ocaso del método científico son la manifestación en el terreno de la filosofía natural de transformaciones más generales en la historia cultural y política de la antigüedad, soslayadas en historias de la ciencia tradicionales –como por ejemplo (Sarton, 1965: 359-416), donde se examina indiferenciadamente la ciencia entre los siglos IV a. C. y I d. C.–.

Un primer punto de inflexión se coloca en el siglo IV a. C., cuando las conquistas de Alejandro llevan a la cultura griega por derroteros antes impensables. Sus precedentes contactos con las civilizaciones mesopotámicas y egipcia cambian de signo: los dominadores helenos administran ahora directamente los saberes de los grandes imperios para controlar sus inmensos territorios, con efectos decisivos en la relación entre teoría y práctica –así, el desarrollo de la hidrostática, serviría igualmente para el control de las aguas y para mejorar el diseño de barcos marítimos–.

La segunda solución de continuidad corresponde a la conquista romana de Oriente, que acabó de forma traumática, entre otras cosas, con la actividad científica, interrumpiendo la investigación y la transmisión del método. El interés hacia temas científicos volvería a aflorar en los siglos I-II d. C., pero en condiciones culturales muy diferentes: al no recuperarse el método científico, las teorías (o sus vestigios) circularon solamente en obras divulgativas o en recopilaciones, expuestas a la alteración e interpolación de contenidos; o bien en forma de citas, a menudo en escritos de confutación. Alexandre Koyré (1973: 18) ha señalado, a este propósito, algo

de una importancia capital y, aunque conocido, no siempre señalado: la indiferencia casi total del romano por la ciencia y la filosofía. [...] es verdaderamente asombroso [...] que no produciendo ellos mismos nada, los romanos no hayan experimentado siquiera la necesidad de procurarse traducciones.

En este paisaje, los tratados de Euclides, Arquímedes o Herón de Alejandría constituyen el terreno firme para emprender una recomposición de las teorías científicas helenísticas a partir de información fragmentaria y degradada. El alcance de la operación de Russo se entiende mejor con algunos ejemplos que también nos permitirán referirnos a un aspecto central de la revolución científica de la época moderna: los movimientos de la Tierra y los planetas en un sistema heliocéntrico.

En el capítulo 10, Russo se confronta con las afirmaciones de escritores tardíos y medievales según las cuales la Tierra tiene forma de honda, o es similar a una honda. Esta extraña comparación –la forma aproximadamente esférica de la Tierra es una idea establecida en el s. V a. C. que pervive durante la Edad Media– tendría su origen en la defectuosa comprensión de un pasaje de Plutarco (46-120 ca. d. C), que Russo traduce y analiza acudiendo al texto original:

Certo la Luna è trattenuta dal cadere dallo stesso moto e dalla rapidità della sua rotazione, proprio como gli oggetti posti nelle fionde sono trattenuti dal cadere dal moto circolare. Il moto secondo natura guida infatti ogni corpo, se non è deviato da qualcos'altro. Perciò la Luna non segue il suo peso [che è] equilibrato dall'effetto della rotazione (*De facie quae in orbe lunae apparet*, 7 [923 F-924 C]).

La discusión de Russo se centra en precisar el significado, contrastado con el uso de otros autores –y de Plutarco, en otros pasajes– de las expresiones κίνησις κατὰ φύσιν (movimiento según natura) y ἐπι τὸ μέσον φώρα (empuje o impulso hacia el centro). De este detallado análisis se desprende que Plutarco, consideraría “según natura” el movimiento rectilíneo uniforme, mientras que el “empuje hacia el centro” –referible también a los “graves”, es decir los cuerpos que, sobre la Tierra, se mueven sujetos a la gravedad– sería la fuerza centrípeta que cambia la dirección de la velocidad dando lugar al movimiento circular (la que ejerce la honda sobre la piedra). La correlación de los resultados de este análisis con pasajes de otras fuentes, hace que surjan, *in crescendo*, nuevas conclusiones. La segunda frase del pasaje de Plutarco (*Il moto secondo natura...*) formularía lo que hoy conocemos como principio de inercia –llamado también de Galileo, primera ley de Descartes o de Newton–, del que aparecen ecos en otros autores y que es enunciado de forma explícita por Herón. La tercera frase, finalmente, haría referencia a un movimiento circular en el que una “fuerza centrífuga” compensa la fuerza atractiva, impidiendo que la Luna caiga sobre la Tierra. Y, como consecuencia implícita de enorme importancia: Plutarco está transmitiendo una teoría que unifica el movimiento de los astros y de los “graves”, desarrollada posiblemente por Hiparco. Por supuesto, la unificación en un solo modelo de fenómenos terrestres y celestes –frente a su neta separación en la filosofía aristotélico-escolástica– se considera uno de los logros fundamentales de la revolución científica moderna, en la tortuosa trayectoria que une a Copérnico, Galileo y, en última instancia, Newton.

Con no menor acribia se acerca Russo a un oscuro pasaje donde Vitruvio –quien suele lamentar lo difícil que resulta leer autores griegos– habla de “rayos

triangulares” que alteran los movimientos naturales de los planetas (*LRD*: 341-349). Suponiendo un original griego, se plantea inicialmente un problema de traducción: en Vitruvio, el término *signum* suele usarse en el sentido de “signo zodiacal”. Pero, más allá de esta acepción, en la terminología de Euclides el lema griego σημειον designa el punto geométrico. Recordando el hábito griego de usar letras del alfabeto para designar tanto los ordinales como, en geometría, los puntos, Russo reconoce en las expresiones “secundum... tertium... quintum signum” de Vitruvio una traducción errónea del griego “σημειον Β... Γ... Ε”, o sea “puntos Β... C... Ε”. Junto a otras consideraciones, esto permite descifrar todo el pasaje –también atribuible a Hiparco en origen– como una demostración que extiende al conjunto del sistema solar el modelo heliocéntrico descrito por el símil de la honda.

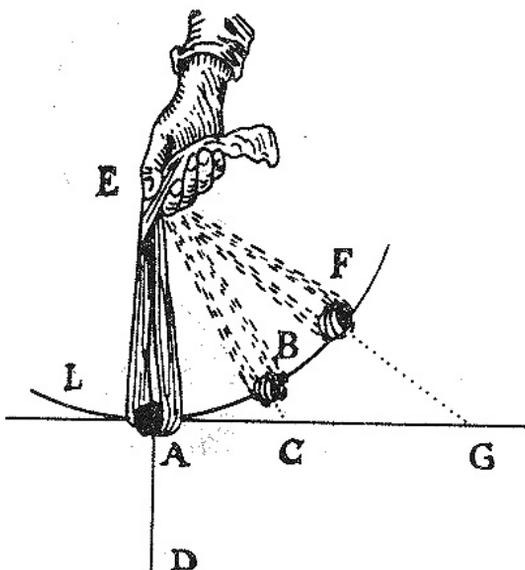


FIGURA 1. Los *Principios de Filosofía* de Descartes recogen (1995: 159-170.) el símil entre la revolución de los planetas y el movimiento de una piedra en rotación dentro de una honda. Los triángulos EAB y EBF coincidirían con la interpretación de Russo de los “rayos triangulares” de Vitruvio. La piedra sigue ese movimiento en lugar de la línea recta ACG (ni cita de Descartes ni figura aparecen en *LRD*).

El heliocentrismo de Aristarco habría tenido, pues, una difusión e influencia mucho más extensa y duradera de lo generalmente aceptado, una inferencia confirmada también en pasajes de Séneca y Plinio que dan por asumido el movimiento de la Tierra alrededor del Sol. Los límites de espacio impiden recoger la compleja trama de argumentaciones que perfila este nuevo escenario, pero no dejaremos de mencionar que Russo, en apoyo a estos planteamientos, cita también la teoría de las mareas de Seleuco de Seleucia basada en una interacción Tierra-Luna y Tierra-Sol, que se habría constituido en prueba evidente del movimiento de los planetas alrededor del Sol. De nuevo, la correcta descripción de los efectos de marea basada en una teoría de la fuerza gravitatoria es un hito central en la ciencia moderna que se reconoce a Newton⁶.

Este modelo heliocéntrico –de fundamento dinámico y no meramente cinemático– tendría decisivas consecuencias en la cosmología helenística: admitido un sistema solar “moderno”, y puesto que no se observa paralaje estelar, es necesario admitir también la infinitud del universo, porque las distancias recíprocas entre Sol y planetas son infinitamente menores de las que separan de las estrellas “fijas”. Esta concepción de un universo plagado de astros lejanos que son soles como el nuestro, tardó bastante tiempo en ser recuperada en el contexto de la revolución científica del s. XVII (Koyré: 1989).

Las corrupciones de las fuentes de época clásica suponen un obstáculo importante en la reconstrucción de las teorías helenísticas, pero interpretaciones dudosas se encuentran también en autores modernos. Es este el caso de un pasaje del citado diálogo de Plutarco *De facie*, que contiene una acusación de impiedad contra Aristarco aceptada en la historia de la astronomía como prueba indiscutible de la excepcionalidad de su teoría heliocéntrica –formulada por el filósofo estoico Cleantes de Asos (330-232 a. C.). Sorprende descubrir, con Russo, que en los dos manuscritos que transmiten el *De facie*, el nombre de Aristarco está en caso nominativo y el de Cleantes en acusativo (LRD: 110): es, por tanto, Aristarco quien acusa a Cleantes y no a la inversa. La interpretación contraria se debe a una enmienda introducida por el literato y polígrafo Gilles Ménage (1613-1692) en 1664 –poco después de la condena de Galileo por heliocentrismo–, y aceptada sucesivamente por casi todos los editores de Plutarco (Russo & Medaglia, 1996: 117-118). La enmienda facilita la interpretación de un pasaje difícil, pero el acuerdo de las fuentes en la distribución de los roles semánticos entre Aristarco y Cleantes sugiere que son

⁶ La historia de las ideas sobre las mareas hasta Newton se sigue con mayor detalle en (Russo, 2003), donde, siguiendo métodos filológicos, se reconstruyen dos linajes de concepciones de las mareas, ambos descendientes de una primera teoría correcta de Seleuco.

posibles lecturas diferentes. La de Russo ve en la acusación de Aristarco un sarcasmo que subraya la contradicción entre el geocentrismo de Cleantes y la centralidad del Sol en su sistema filosófico. En el conjunto de la crítica textual sobre la obra de Plutarco la cuestión puede ser marginal, pero el *De facie* es la única fuente que relata el episodio, y es revelador que ningún historiador de la astronomía se haya preocupado de comprobarlo⁷.

Russo se acerca, pues, a la ciencia antigua valiéndose de la cuidadosa lectura directa de las fuentes y de la sutileza de las interpretaciones, recursos que dependen de su dominio tanto de las lenguas clásicas como de los modelos físico-matemáticos. No seguiremos a quienes han saludado en este *ire ad fontes* (Graffi, 1998: 602) una novedad metodológica, pero es relevante heurísticamente que Russo, en quien coinciden competencia científica y lingüística, acuda también a escritos que suelen clasificarse como literarios. Y, al hacerlo, abogue explícitamente por una búsqueda sistemática de pasajes que informen sobre la ciencia antigua, y de nuevas correlaciones entre ellos.

3. EL LENGUAJE CIENTÍFICO

La premisa necesaria para el esfuerzo interpretativo de Russo es la indagación de la dimensión lingüística del método científico, algo que empieza por la propia definición de sus fines: los científicos alejandrinos dirigen sus esfuerzos a “salvar los fenómenos” (φαινομενα σοζειν) (*LRD*: 206-209). Lejos de las acepciones comunes que, incluso en ámbito científico, le dan a la palabra “fenómeno” sentidos menos precisos, los escritores griegos la emplean para referirse estrictamente a “las evidencias” o “aquello que es apercibido”. El acuerdo previo sobre los fenómenos permite seguir reflexionando lógicamente para dar cuenta de ellos en términos racionales, “salvándolos”. El empeño en “salvar los fenómenos”, desplegado por los científicos helenísticos en diferentes campos, implica que las teorías científicas no se concebían para establecer de una vez por todas la verdad acerca de la naturaleza, sino para describir rigurosamente lo que nos es dado conocer. Esta profunda diferencia respecto a épocas anteriores y sucesivas es paralela a otras transformaciones epistemológicas, como la que desplazó el interés desde el por qué de las cosas a su cómo en la época ilustrada (Cassirer, 1984: 27-34), y extremadamente cercana al concepto de modelo científico como se entiende en la actualidad.

Sabemos que para “salvar los fenómenos” se construyen modelos teóricos que dan razón de un número ilimitado de casos particulares propios del terreno cubierto por la teoría, y ello construyendo demostraciones sobre entidades

⁷ Giacomo Leopardi se percató del problema y atribuyó el heliocentrismo a Cleantes en lugar de a Aristarco (Leopardi, 2008: 167).

teóricas, no reales. Ahora bien, las entidades teóricas suelen ser designadas con palabras que pertenecen al léxico común, precisando su significado con definiciones, explícitas o implícitas. Por ejemplo, Arquímedes emplea la palabra “esferoide” –que designaba cualquier objeto con forma de bola– para referirse al sólido resultante de la rotación de una elipse en torno a uno de sus ejes. Como bien observa Russo (*LRD*: 212), según la proporción entre eje mayor y menor de la elipse, un esferoide puede asemejarse más a un disco o a una aguja que a una esfera: se pierde así la motivación etimológica del signo lingüístico, cuyo significado depende enteramente de la definición. El segundo es el caso de entidades fundamentales de la teoría, como en geometría las líneas, cuyas propiedades Euclides deja implícitas en el desarrollo de las demostraciones –por ejemplo, excluyendo rasgos que la experiencia común le reconoce a una línea pero no pertinentes para la demostración de teoremas (grosor, color, etc.)–⁸.

Según Russo, en primer lugar, la definición de términos a partir de palabras comunes les proporcionaba a los alejandrinos un inmediato enlace lingüístico desde el modelo teórico al mundo natural (*LRD*: 215-217): de alguna forma, el objeto teórico es una abstracción respecto al objeto natural también en orden al signifiante. En segundo lugar, el funcionamiento lingüístico de la ciencia fue posible solo en una cultura que había superado una visión arcaica ligada al “verdadero nombre” de las cosas, algo evidente en ciencias empíricas como la biología o la anatomía, necesitadas de neologismos para designar las realidades descubiertas. Es en este cuadro que se enmarcan las reflexiones con las que los estoicos distinguen tres niveles de articulación de los significados –objeto real, representación psíquica y λεκτων lo “decible” que se construye estrictamente en el proceso de significación–, distinción que Roland Barthes aprovecharía para precisar la dicotomía signifiante/significado de Saussure (Barthes, 1970: 50). Por tanto, la libre manipulación del léxico, facilitada por la clara percepción de la no motivación del signo lingüístico, responde a la necesidad de reflejar de forma consciente un episteme en expansión.

No es difícil reconocer evidentes paralelos entre estos razonamientos de Russo y planteamientos de la lingüística moderna. Tullio De Mauro, por ejemplo, ha descrito –en un recorrido inverso, desde la lengua al modelo teórico– siete etapas características en la construcción del lenguaje científico: distinción entre términos y palabras, selección del plano experiencial, explicitación de criterios de definición de los términos, axiomatización, deducción de teoremas de los axiomas, extracción de teoremas falsificables, progresiva reducción recíproca

⁸ Análogamente, en problemas de física es habitual el uso de entidades abstractas como, por ejemplo, la masa o partícula puntual, que puede corresponder a un átomo, una vaca, un planeta o una galaxia, dependiendo de la adecuación entre el modelo y el problema que se pretende resolver.

de teoremas y axiomas (De Mauro, 1994: 334-337). Para concluir que esta construcción es inseparable de la propia obtención del conocimiento científico: “Una scienza è appunto questo: una tecnica accompagnata da un esplicito discorso dichiarativo dei criteri di determinazione di ciò che è pertinente per essa e per i termini che adopera, per i discorsi che consente” (ibídem: 335).

El lenguaje científico encuentra, pues, sus referentes no en los fenómenos sino en el modelo teórico que permite hacer afirmaciones verificables acerca de las causas de los fenómenos y predicciones acerca de casos particulares. Comprobación y predicción garantizan que el modelo mantiene la relación esperada con el mundo natural, pero el objeto del discurso científico no es el mundo natural, sino las entidades y relaciones que se construyen para explicar algunas cosas que suceden en él. Las rigurosas demostraciones que construyen el discurso científico hacen que su comprensión coincida sin fisuras con la comprensión del modelo teórico. Esta, a su vez, depende del dominio de los medios no lingüísticos que contribuyen a la construcción del modelo: razonamiento matemático y experiencias de laboratorio. Todo el proceso, además, se hace tanto más complejo cuanto más se procede en la “reducción recíproca de teoremas y axiomas”.

La proximidad de los términos científicos al léxico común, por tanto, no implica en absoluto una análoga cercanía de los discursos construidos con ellos, como saben muy bien los docentes de ciencias exactas. Veamos un ejemplo relacionado con la dinámica de fluidos: “El régimen de movimiento permanente se instaura cuando la velocidad del fluido en un punto del espacio ocupado por la masa fluida no cambia con el tiempo, es decir, las partículas mantienen siempre la misma velocidad”. Aquí, las palabras *punto*, *espacio*, *masa*, *fluido*, *partícula* resultan sin duda familiares al lector medio, pero esto no garantiza la comprensión del enunciado porque, en cuanto términos de la dinámica de fluidos, sobreentienden el conocimiento de sus fundamentos.

Tocamos con estas consideraciones un punto clave respecto a la transmisión del conocimiento científico que, contrariamente a lo que se piensa, supone transmitir no tanto resultados finales sino el propio método, algo que es posible sólo tras un largo y complejo proceso de formación y aprendizaje (véase, por ejemplo, Ziman, 1981: 188-194; Arons, 1997). Se entienden mejor, en este sentido, los efectos desastrosos de la conquista romana sobre la ciencia helenística.

4. CONCEPTOS FÓSILES

Los pasajes oscuros indagados por Russo, al igual que la anécdota de Vitruvio sobre Arquímedes en el ejemplo inicial, son resultado de una

incomprensión de los textos debido al desconocimiento de las teorías científicas subyacentes. Incomprensiones análogas pueden ser favorecidas hoy por un tipo de divulgación y de docencia que atienda poco a una auténtica comprensión de los fundamentos y que quede en una mera exhibición de, por ejemplo, el “vocabulario esotérico de la física moderna –quarks, gluones, big bangs, agujeros negros” señalada por Arons (1997: 352)⁹-. Es decir, términos científicos que, usados sin rigor, acaban perdiendo toda conexión con su significado unívoco original por los normales procesos de deriva semántica. En este caso, como en los pasajes de la honda de Plutarco o de los rayos triangulares de Vitruvio, las palabras perviven más allá del discurso del que provienen. A la inversa, puede suceder que se mantenga alguna noción o idea que, aunque conserve una parte de su capacidad de explicación, está “vaciada de su verdadero significado” quedando “reducida a una afirmación gratuita, aceptada en base al principio de autoridad” (Russo, 2003: 15), sin capacidad para generar aplicaciones e intervenir en el mundo (punto C). Russo habla de conceptos fósiles o de fosilización del conocimiento. Un buen ejemplo es el de la idea de la forma de la Tierra y su medida (*LRD*: 312-317).

Se ha visto que en el s. III a. C. Eratóstenes –quien, por supuesto, asumía la esfericidad de la Tierra, establecida desde el s. V a. C.– determinó correctamente la longitud del arco de meridiano y, por lo tanto, el radio terrestre usando un método sofisticado que combinaba procedimientos astronómicos y matemáticos con precisas medidas geodésicas de las distancias¹⁰. Y esto en un periodo de desarrollo de la geografía matemática –Eratóstenes realizó un mapa del Ecúmene con datos de longitud y latitud de un gran número de localidades (Roller, 2010)–, y de una expansión de los viajes de exploración (Millán León, 1999; Roller, 2006; Albaladejo Vivero, 2007) que no se repetiría hasta los descubrimientos geográficos de los siglos XV-XVI. Recordemos que estos fueron posibles gracias al renacimiento de la cartografía y geografía científicas posterior a la reaparición en Europa de la *Geografía* de Ptolomeo (s. II d. C.) en la que Colón se basó para embarcarse hacia las Indias y que, como sabemos, recogía un valor del radio terrestre muy inferior al correcto.

Por supuesto, en los 1300 años que median entre Ptolomeo y Colón predominó la idea de una Tierra esférica que incluso llegó a alimentar la creación literaria. Así, Dante, en su descenso al abismo infernal llega

⁹ Las perniciosas consecuencias de abusos en este sentido en el ámbito de las ciencias humanas ha sido denunciado por Sokal y Bricmont (1998).

¹⁰ La (falsa) idea de sencillez que rodea a esta hazaña se debe a que el contenido de los dos volúmenes del tratado de Eratóstenes se conoce solo gracias a un breve resumen divulgativo escrito por Cleomedes en época imperial.

hasta el centro de la Tierra y, para subir hacia el hemisferio opuesto, debe primero ponerse boca abajo (Infierno, XXXIV, 76-81). Más adelante, ya en las antípodas, contempla el amanecer desde la montaña del purgatorio y nota que el Sol surge del lado equivocado, porque en el hemisferio meridional los puntos cardinales están invertidos (Purgatorio, IV, 56-61). La esfericidad de la Tierra le proporciona, pues, materiales para una ficción realista –en el sentido de Auerbach (1979)–. Todas las referencias geográficas, sin embargo, remiten a esa representación ideal “a T” que dibuja las tierras conocidas con forma redonda y rodeadas por las aguas del Mar Océano, y que no tiene referente real y sí un alto valor simbólico, puesto que permite situar Jerusalén en el centro de las tierras firmes, con el infierno bajo de ella y el purgatorio en sus antípodas (Stabile, 2007). Por supuesto, en esta representación la propia esfericidad del planeta indica su perfección, y el hecho de que también explique con sencillez y racionalmente algunos fenómenos astronómicos es secundario respecto a la fuerza del simbolismo. En suma, la idea de una Tierra esférica sobrevive pero es irrelevante a efectos prácticos: la coincidencia del modelo con la esfericidad real de nuestro planeta es accidental, no es un punto de partida para nuevas preguntas –como, por ejemplo, la de conocer su geografía o su circunferencia–, no es un concepto activo, sino una noción fosilizada.¹¹

5. LA RECUPERACIÓN DE LA CIENCIA HELENÍSTICA

Hemos propuesto hasta aquí una serie de ejemplos –el ensayo proporciona más– de los argumentos usados por Russo para demostrar la tesis central de una identidad de fondo entre la ciencia helenística y la ciencia moderna. Esta idea es inseparable de la segunda tesis que Russo plantea –justificándola de una forma que difícilmente puede ser rebatida sin descomponer todo el entramado argumentativo– es decir, la afirmación de que la ciencia moderna no apareció de forma independiente en una nueva oportunidad histórica: la identidad de fondo responde a una recuperación. Tanto Leonardo, a quien la mitología popular identifica como genio creador de máquinas futuristas, como célebres científicos de los siglos XVI y XVII –Copérnico, Galileo, Kepler o Newton– accedieron a la literatura clásica y a obras helenísticas entonces conservadas (LRD: 402-410), como no han dejado de señalar eminentes historiadores de la ciencia. Así, para Koyré (1980: 6) “se podría resumir el trabajo científico del s. XVI en la admisión y la comprensión gradual de la obra de Arquímedes”, y Paolo Rossi (1997: 350) recuerda que “il *progresso* dell’astronomia fu

¹¹ A fines prácticos, por ejemplo en la navegación, desde el s. XIII se usaban los portulanos, que señalaban las rutas marítimas a partir de localidades conocidas y mediante el uso de brújulas. Estas cartas náuticas no representan una proyección de la esfera terrestre sobre el plano.

concepito da Copernico, da Keplero, dallo stesso Newton, anche come un *ritorno*”, en el sentido de que estos científicos, y con ellos Descartes, intuyeron la perfección de la ciencia antigua, y se empeñaron en desvelarla apartando la cortina de hermetismo con la que los propios antiguos la habrían cubierto (ibídem: 348-349). En la visión de Russo, por supuesto, el velo que esconde los logros helenísticos tiene un origen bien distinto.

Insistir en estas deudas en nada disminuye la estatura intelectual y científica de personajes que supieron estudiar las fuentes como nadie antes que ellos, y sí contribuye a difundir una imagen de su trabajo como la reconstruye la más reciente historiografía de la ciencia –y también la menos reciente historiografía de la filosofía y de la cultura–: la de unos estudiosos que encontraron en la emulación de los matemáticos helenísticos el impulso principal para una investigación de la naturaleza, intencionada a obtener de ella una visión racional y coherente y, al mismo tiempo, productiva y eficaz (Rossi, 2002). Con ello contribuyeron a culminar procesos que arraigaban en la profunda transformación de la cultura europea iniciada por el movimiento humanista (Garin, 1993). Lo que añade Russo a esta imagen, vinculando con más fuerza el trabajo de los primeros científicos modernos al modelo humanista, es la idea de que la frecuentación de los antiguos, más que un simple estímulo, proporcionó conceptos, modelos e instrumentos matemáticos que debieron ser trabajosamente reconstruidos. Esos resultados perfectamente coherentes que los manuales de ciencias atribuyen a la intuición de unos genios aislados emergieron en realidad de la contribución de un gran número de pensadores en procesos poco lineales, en los que aspectos racionales convivieron con elementos esotéricos o herméticos (Rossi, 1997: 340-359).

Así, por ejemplo, Copérnico reconoció explícitamente su recuperación del modelo heliocéntrico de Aristarco, en términos exclusivamente cinemáticos, y hubo que esperar hasta el s. XVII para que diferentes científicos postularan que el movimiento de los planetas se explica por la misma fuerza que provoca la caída de los graves, teoría consolidada definitivamente en los *Principia* de Newton (1687)¹². Aunque esta recuperación, a la que también contribuyó Kepler (1571-1630), invirtió, desde luego, las posiciones recíprocas de Sol y Tierra, no desplazó el sistema solar de su posición central en el cosmos, dejando intacta la creencia en la existencia de la esfera de las estrellas fijas. Russo recuerda (*LRD*: cc 411) que el propio Kepler se propuso estimar el grosor de

¹² En los *Principia* (1982: 277), Newton reconoce explícitamente a Robert Hooke, Christopher Wren y Edmund Halley la idea de una fuerza inversamente proporcional a la distancia, entonces bastante generalizada, al igual que la idea de que el movimiento planetario estuviera compuesto por un movimiento directo según la tangente y un movimiento atractivo hacia el cuerpo central en términos análogos a los explicados en el pasaje de Plutarco señalado por Russo.

dicha superficie esférica basándose en razonamientos de tipo teológico. Para deshacerse de ella habría que esperar a que Halley (1656-1742) concluyera un experimento milenario: hacia 1718 comparó sus medidas de posiciones estelares con las del catálogo de Hiparco, transmitidas en el *Almagesto* de Ptolomeo, y apreció cambios que sugerían que las estrellas no eran tan fijas como se creía: no podía por tanto existir la esfera en la que supuestamente estaban incrustadas.

6. REFLEXIÓN FINAL

El ensayo de Russo propone una síntesis de múltiples aspectos de la ciencia y tecnología helenísticas, así como de su sociedad y cultura. Podría afirmarse –recordando el título de un conocido artículo de Philip W. Anderson inspirado en la dialéctica de Hegel y Marx (Anderson, 1972)–: “More is different”. Porque en *LRD* un relevante cambio cualitativo es el resultado de una exhaustiva exposición cuantitativa. Juegan un papel importante en esta propuesta la aproximación a las fuentes clásicas desde el conocimiento de los modelos científicos y las correlaciones e interconexiones entre resultados de diferentes áreas de conocimiento. Esto redundará en una potente y eficaz visión de conjunto que no renuncia a una penetración en profundidad en algunos temas clave.

Russo comparte su entusiasmo intelectual por los logros de la ciencia y tecnología helenísticas con diferentes autores que se aproximaron a la ciencia antigua desde la filosofía, historia o filología clásica, algunos de los cuales se han mencionado a lo largo de este artículo: Thomas Little Heath, Wilhelm Nestle, Bruno Snell, Benjamin Farrington, Moses Finley y Geoffrey Lloyd, George Sarton, William Sedgwick y Harry Tyler o José Babini. Participa, así, en un debate centenario en el que encontramos a Francis Bacon, William Whewell, Samuel Samburski o Lord Russell en el banco opuesto (von Staden, 1975: 178-179).

Científicos que conozcan mínimamente las aportaciones griegas a la ciencia son especímenes bastante más raros, desde el momento en que los currícula no contemplan, desde hace tiempo, conocimientos de historia de la ciencia y mucho menos el estudio o lectura de los textos originales, a los que Ernst Mach, por ejemplo, acudió de forma sistemática. En este sentido, se han desoído las advertencias de Erwin Schrödinger quien en 1948, instaba a recuperar del pensamiento griego instrumentos críticos que permitieran incrementar la intelección de la ciencia moderna (Schrödinger, 1997). Una revista como el *American Journal of Physics* –que declara un interés hacia aspectos históricos y culturales de la física– entre 1933 y la actualidad acoge

apenas dos artículos sobre la ciencia griega y su alcance, de J. J. G. McCue (1948) y Otto Blüh (1949). Dos físicos que vislumbraron los imponentes logros científicos de los griegos –más allá de las visiones superficiales al uso– gracias a una sólida preparación científica y humanística, punto de partida de la curiosidad intelectual por la historia de la disciplina, que integraban en su docencia. En palabras de J. J. G. McCue (1948: 408): “science is not a thing that inevitably progresses. It does not grow like a weed. On the contrary, it is a delicate organism depending in a very sensitive way on its environment. It has died before, and without the proper conditions of life it will die again”.

Medio siglo después, preocupaciones e impulsos análogos motivan la reflexión de Russo: la profundidad de conceptos y el elevado nivel de elaboración matemática que descubrió al leer a Arquímedes hicieron tambalear todas sus convicciones sobre la historia del conocimiento (Russo, 2008: 61-71), en coincidencia, además, con la percepción de estar presenciando una época de “retroceso” histórico, evidente en manifestaciones de diferente índole, pero reconocible especialmente en dos fenómenos interrelacionados entre sí. Por un lado, el progresivo fragmentarse de la investigación en una multitud de campos sin comunicación recíproca limita el horizonte de los profesionales y dificulta la de por sí difícil agregación de las experiencias en una cultura unitaria, como previera Ortega y Gasset (1980)¹³, en un contexto de progresiva marginación de la cultura clásica, tradicionalmente un antídoto a la disgregación (Hanson & Heath, 2001:5-25). Por el otro, tendencias anti-intelectualistas y aspectos irracionales presentes en la sociedad permean desde hace tiempo la propia academia, sin que la ciencia pueda considerarse un espacio inmune por defecto, como testimonia el ocaso de las conquistas helenísticas. Los serios y complejos problemas que Russo discute no pueden abordarse aquí. Solo podemos insistir en su especial relevancia en los difíciles tiempos que vivimos, recogiendo la advertencia que plantea –de nuevo en consonancia con ideas de Ortega y Gasset (2008: 101-117)– *La rivoluzione dimenticata*: el análisis de la desaparición del mundo helenístico y su reiterado olvido desenmascara la falsedad del mito del progreso continuo en el campo científico y tecnológico, y alerta sobre la fragilidad de la cultura científica y el racionalismo, cuyo destino no es diferente al del humanismo y la cultura.

RECENSIONES DE *LA RIVOLUZIONE DIMENTICATA*

Cini, M. (2003): “Prefazione”. In: L. Russo: *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*. Milano: Feltrinelli.

¹³ Más recientemente, véase Brey *et alii* (2009).

- Graffi, S. (1998): “La rivoluzione dimenticata (The Forgotten Revolution)”. *Notices of the American Mathematical Society* 45: 601-605.
- Poma, G. (1999): “Reseña de Lucio Russo, La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna”. *Rivista storica dell'antichità* 29-30: 373-376.
- Dolfi, E. (2000): “Scienza degli antichi e scienza dei moderni. Riflessioni in margine alla lettura di L. Russo, La rivoluzione dimenticata, Feltrinelli, 1996”. *Atene e Roma* 45: 44-53.
- Netz, R. (2002): “Reseña de Lucio Russo, La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna”. *Historia mathematica* 29: 72-73.
- Polizzi, G. (2002): “Una rivoluzione dimenticata. Per una nuova comprensione della scienza ellenistica”. *Nuncius. Annali di storia della scienza* XVII: 357-366.
- Rowan-Robinson, M. (abril 2004): “Praising Alexandrians to excess”. *Physics World* 42.

BIBLIOGRAFÍA

- Albaladejo Vivero, M. (2007): “Algunas consideraciones críticas sobre los viajes de Eudoxo de Cícico”. *Gerión. Revista de Historia Antigua* 25: 235-248.
- Anderson, P. W. (agosto 1972): “More is different. Broken simmetry and the nature of the hierarchical structure of science”. *Science* n.s. 177 (4047): 393-396.
- The Antikythera Mechanism Project (2011): <<http://www.antikythera-mechanism.gr/>> [Acceso 10/10/2012].
- Arons, A. B. (1997): *Teaching Introductory Physics*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Auerbach, E. (1979): *Mimesis. La representación de la realidad en la literatura occidental*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Babini, J. (1948): *Arquímedes*. Buenos Aires: Espasa-Calpe.
- Barthes, R. (1970): *Elementos de semiología*. Madrid: Alberto Corazón.
- Bertomeu Sánchez, J. R. & García Belmar, A. (2002): *Obrint les caixes negres*. Valencia: Universitat de València.
- Blüh, O. (1949) “Did the Greeks perfor experiments?”. *American Journal of Physics* 17: 384-388.
- Brey, A., Innerarity, D. & Mayos, G. (2009): *La sociedad de la ignorancia y otros ensayos*. Infonomia. <http://www.infonomia.com/pdf/sociedad_de_la_ignorancia_es.pdf> [Acceso 10/10/2012].

- Cassirer, E. (1984): *Filosofía de la Ilustración*. México: Fondo de Cultura Económica.
- CERES Colecciones en Red (2011): <<http://ceres.mcu.es/pages/Main>> [Acceso 10/10/2012].
- Charette, F. (2006): “High tech from Ancient Greece”. *Nature* 444.
- Della Porta, G. B. (1589): *Magiae Naturalis libri XX. Ab ipso autore espurgati, et superaucti, in quibus scientiarum Naturalium divitiae, et delitiae demonstrantur... cum privilegio, Neapoli, apud Horatium Salvianum*. <<http://www.cervantesvirtual.com/obra/io-bapt-portae-magiae-naturalis-libri-xx/>> [Acceso 10/10/2012]
- De Mauro, T. (1994): “Linguaggi scientifici e lingue storiche”. In: De Mauro, T. (ed.): *Studi sul trattamento linguistico dell'informazione scientifica*. Roma: Bulzoni, 327-340.
- Descartes, R. (1995): *Los principios de la filosofía*. Madrid: Alianza.
- Evans, J. (2005): “Gnomonike Techne: the dialer’s Art and its meaning for the Ancient World”. In: Orchiston, W. (ed.): *The New Astronomy: Opening the electromagnetic window and explaining our view of the planet earth*. Dordrecht: Springer, 273-292.
- Garin, E. (1993): *L’umanesimo italiano. Filosofia e vita civile nel Rinascimento*. Bari: Laterza.
- González Urbaneja, P. M. (1992): *Las raíces del cálculo infinitesimal en el siglo XVII*. Madrid: Alianza.
- González Urbaneja, P. M. & Vaqué Jordi, J. (1997): “Introducció”. In: Arquímedes: *Mètode*. Barcelona: Fundació Joan Metge.
- Hanson, V. D. & Heath, J. (2001): *Who killed Homer? The demise of classical education and the recovery of Greek wisdom*. Encounter books.
- Koyré, A. (1973): *Estudios de historia del pensamiento científico*. Madrid: Siglo XXI.
- Koyré, A. (1980): *Estudios Galileanos*. México: Siglo XXI.
- Koyré, A. (1989): *Del mundo cerrado al universo infinito*. Madrid: Siglo XXI.
- Leopardi, G. (2008): *Storia della astronomia dalla sua origine fino all’anno MDCCCXIII*. Milano: Book Time.
- McCue, J. J. G. (1948): “Ancient Science in the Modern Curriculum”. *American Journal of Physics* 16: 404-408
- Millán León, J. (1999): “La antigüedad, Gadir y el descubrimiento de América”. *Habis* 30: 205-215.
- Netz, R. & Noel, W. (2007): *El código de Arquímedes*. Madrid: Temas de Hoy.

- Newton, I. (1982): *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Madrid: Editora Nacional.
- Ortega y Gasset, J. (1980): *La rebelión de las masas*. Madrid: Revista de Occidente.
- Ortega y Gasset, J. (2008): *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*. Madrid: Revista de Occidente.
- Paipetis, S. A. & Ceccarelli, M. (2010): *The genius of Archimedes. 23 centuries of influence on mathematics, science and engineering*. Dordrecht, New York: Springer.
- Piccarì, P. (2007): *Giovan Battista Della Porta: il filosofo, il retore, lo scienziato*. Franco Angeli: Milano.
- Piñero, F. (2008): "Ciencia". In: Rodríguez Adrados, F. (ed.): *Manuales y anejos de Emerita (Instituto Antonio de Nebrija)*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 659-680.
- Roller, D. W. (2006): *Through the pillars of Herakles: Greco-Roman exploration of the Atlantic*. London, New York: Routledge.
- Roller, D. W. (2010): *Erathostenes Geography*. Princeton: Princeton University Press.
- Rossi, P. (1997): *La nascita della scienza moderna in Europa*. Roma, etc.: Laterza.
- Rossi, P. (2002): *I filosofi e le macchine. 1400-1700*. Milano: Feltrinelli.
- Russo, L. (2003): *Flussi e riflussi. Indagine sull'origine di una teoria scientifica*. Milano: Feltrinelli.
- Russo, L. (2008): *La cultura componibile. Dalla frammentazione alla disgregazione del sapere*. Milano: Feltrinelli.
- Russo, L. & Medaglia, S. M. (1996): "Sulla presunta accusa di empietà ad Aristarco di Samo". *Quaderni urbinati di cultura classica* n.s. 53 (82): 113-121.
- Sarton, G. (1965): *Historia de la ciencia. Ciencia y cultura helenísticas en los últimos tres siglos a. C.* Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Savoie, D. (Septiembre 2003): "Las esferas del mundo". *Investigación y ciencia* 324: 74-77.
- Schrödinger, E. (1997): *La naturaleza y los griegos*. Barcelona: Tusquets.
- Soede, W. & Foley, V. (1979): "Catapultas Antiguas". *Investigación y Ciencia* 32: 92-101.
- Soede, W. & Foley, V. (1981): "Naves de guerra a remo en la antigüedad". *Investigación y ciencia* 57: 104-119.
- Sokal, A. & Bricmont, J. (1998): *Imposturas intelectuales*. Barcelona - Buenos Aires - México: Paidós.

- Stabile, G. (2007): “Cosmologia e teologia nella Comedia: la caduta di Lucifero e il rovesciamento del mondo”. In: Stabile, G.: *Dante e la filosofia della natura: percezioni, linguaggi, cosmologie*. Firenze: SISMEL, edizioni del Galluzzo, 137-172.
- Verin, H. (2007): “Los teatros de máquinas de 1570 a 1680”. In: *Los orígenes de la ciencia moderna*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. Actas año XI y XII: 309-328
- Vitruvio Polión, M. (1978 [1582]): *De Architectura*. Valencia: Albatros.
- Woodcroft, B. (1851): *The Pneumatics of Hero of Alexandria*. London: Taylor Walton And Maberly.
- Ziman, J. (1981): *La credibilidad de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.