

ella en una razón no menor que $(AN - 3/4 p)^2$; AN^2 , si el segmento del paraboloide se sitúa en el fluir con su eje con cualquier inclinación respecto a la vertical, de tal modo que su base no toque la superficie del fluido, no permanecerá en tal posición, sino que retornará a la posición en la cual su eje coincide con la vertical.

En su libro *Éphodos* (Método), dirigido a Eratóstenes, largo tiempo perdido y finalmente hallado en nuestro siglo por Heiberg en un palimpsesto bizantino, Arquímedes no solo prueba una interesante serie de teoremas, sino que habla del método que seguía para descubrirlos, enfatizando la diferencia entre los procedimientos heurísticos de descubrimiento, que incluyen consideraciones mecánicas e infinitesimales, incapaces de probar nada, pero útiles para encontrar, y la demostración por medios geométricos rigurosos. Los primeros sirven para investigar (*theoreîn*) los teoremas, pero no para probarlos. Como dice Arquímedes en el tercer párrafo del libro, dirigiéndose a Eratóstenes:

Pensé que valía la pena explicarte en este libro las peculiaridades de cierto método que te permitirá iniciarte en la investigación de algunos problemas matemáticos por medios mecánicos. Este procedimiento es también útil incluso para la prueba de los teoremas mismos. En efecto, ciertas cosas solo se vuelven claras para mí mediante el método mecánico, aunque luego hayan de ser demostradas geométricamente, ya que su investigación por el citado método no proporciona una prueba propiamente dicha. Pero desde luego es más fácil proporcionar la demostración, una vez que hemos adqui-

rido algún conocimiento previo de la cuestión mediante aquel método, que encontrarla sin idea previa alguna.

Hijo de astrónomo e interesado él mismo en la astronomía, en su libro *Psammítēs* (Arenario) introdujo un nuevo sistema de numeración, que le permitía escribir, calcular y manejar números tan grandes como el de granos de arena que hay en el Universo, que resulta ser a lo sumo 10^{31} , si aceptamos la hipótesis tradicional geocéntrica, o de 10^{63} , si aceptamos la hipótesis heliocéntrica de Aristarco de Samos.

De todos modos, a lo que Arquímedes daba más importancia era a sus contribuciones a la matemática pura superior, que son numerosas, profundas y de una rara originalidad. Muchas de ellas se basan en su refinamiento y desarrollo del método de exhaustión de Eudoxo. Así, por ejemplo, cuando quiere hallar la longitud de la circunferencia en función de su diámetro, sigue un método de aproximaciones sucesivas por exceso y por defecto mediante polígonos circunscritos e inscritos (en el círculo) de un número creciente de lados. De este modo llega en su libro *Kýklou métrēsis* (Medición del círculo) al teorema 3: «La razón de la longitud de la circunferencia de un círculo a su diámetro es menor que $3 \frac{1}{7}$ y mayor que $3 \frac{10}{71}$ ».

Así, pues, Arquímedes obtiene una muy buena aproximación a π : (es decir, a la razón entre circunferencia y diámetro), pues, en efecto, $3 \frac{10}{71} = 3,1408 < \pi = 3,14159 < 3 \frac{1}{7} = 3,1428$. En el mismo libro prueba como teorema 1 que «el área de un círculo es igual a la de un triángulo rectángulo uno de cuyos catetos es

igual al radio del círculo y el otro es igual a su circunferencia».

El desarrollo refinado del método de exhaustión condujo a Arquímedes a algo parecido al cálculo integral. De hecho, las primeras integraciones de la historia de la matemática aparecen en los intentos de Arquímedes de hallar la cuadratura de la parábola y de evaluar el área de la espiral arquimediana.

En su obra *Peri sphaíras kai kylíndrou* (Sobre la esfera y el cilindro), que era su favorita, Arquímedes prueba, a partir de seis definiciones y cinco postulados, toda una serie de importantes resultados, tales como que el área de una esfera es equivalente al cuádruplo del área de su gran círculo (teorema I, 33). En efecto, hoy sabemos que el área de la esfera es $4\pi r^2$ y el área de un gran círculo πr^2 . El corolario al teorema siguiente (I, 34) establece: «Todo cilindro cuya base sea un gran círculo de una esfera y cuya altura sea igual al diámetro de esa esfera tiene un volumen igual a $3/2$ del volumen de la esfera y tiene un área (incluidas sus bases) igual a $3/2$ del área de la esfera». Arquímedes estaba especialmente orgulloso de haber descubierto y probado este resultado. Se dice que expresó el deseo de que sobre la lápida de su tumba se grabase el dibujo de una esfera inscrita en un cilindro.

Además de investigar la superficie y el volumen de la esfera y de los sectores de esfera en la obra recién mencionada, en su libro *Peri konoidéōn kai sphaíroidéōn* (Sobre conoides y esferoides) determinó el área de la elipse, el volumen del segmento de paraboloides de revolución y el volumen del hiperboloides de revolución. En su libro *Peri helikōn* (Sobre espirales) estudia las propiedades y

área de las espirales arquimedianas. En su libro sobre la cuadratura de la parábola, finalmente, determina el área del segmento parabólico.

Los libros de Arquímedes son cortos, densos y concisos. No son tratados sistemáticos ni libros de texto, sino comunicaciones de resultados originales dirigidos a los matemáticos de Alejandría, que eran los únicos que podían entenderlos y apreciarlos. Predecesor de la física matemática y autor genial de una cascada de descubrimientos matemáticos importantes, Arquímedes se adelantaba a su tiempo y no tuvo continuadores. Solo dieciocho siglos más tarde volvería el mundo a producir científicos de su talla.

Apolonio de Perga

El matemático Apolonio (en griego, *Apollōnios*) nació en Perga (en griego, *Pérgē*), en el sur de Anatolia, hacia -262. Aunque apenas se sabe algo de su vida, parece que visitó Pérgamo y que estudió y enseñó en Alejandría, donde floreció durante los reinados de Ptolemeo Euergetes y Ptolemeo Filopator y donde murió hacia -190.

Desde mediados del siglo -IV se estudiaban ya las secciones cónicas. Aristeo (en griego, *Aristaios*) y Euclides escribieron tratados sobre ellas, en forma axiomática. Arquímedes usó varios de los teoremas elementales sobre cónicas sin prueba, suponiéndolos ya probados en tales obras.

Apolonio escribió ocho libros sobre las *Secciones Cónicas* (en griego, *Kōniká*). La obra sistematiza los resultados

sobre cónicas de matemáticos anteriores, como Konon de Samos y Euclides, a los que cita, además de aportar numerosas ideas nuevas. Los términos «elipse», «hipérbola» y «parábola» fueron introducidos en esta obra para referirse a las secciones cónicas, que en ella recibieron definiciones precisas y sistemáticas. Hasta entonces, esas curvas habían sido definidas como secciones perpendiculares a la base de diferentes tipos de cono. Apolonio las definió como secciones que cortan el mismo cono en ángulos diferentes.

Los ocho libros de las *Secciones Cónicas* constituyen un tratado general avanzado, que hizo obsoletas y reemplazó a todas las monografías anteriores sobre el tema, incluida la de Euclides. Se ha conservado el texto original griego de los cuatro primeros libros y la traducción árabe de los tres siguientes. El texto del octavo se ha perdido. En 1706, el astrónomo Edmund Halley publicó el texto griego y la traducción latina completa de los textos griegos y árabes conservados. Las *Secciones Cónicas* de Apolonio son una obra maestra de virtuosismo geométrico y creatividad matemática, un claro precedente de la geometría analítica y están llenas de ideas germinales que fructificarían más tarde en Fermat, Descartes, Kepler, Newton y otros autores modernos.

Con excepción de sus *Secciones Cónicas*, todos sus libros se han perdido. En su obra *Tangencias (Epaphai)*, Apolonio propuso y resolvió el problema de hallar las circunferencias tangentes a tres elementos dados (puntos, rectas o circunferencias) y, en especial, de hallar una circunferencia tangente a tres círculos dados. También se le adjudican la hipótesis de las órbitas excéntricas o,

equivalentemente, la de los deferentes y epiciclos, para explicar los movimientos aparentes de los planetas y de la Luna. Ptolomeo le atribuye explícitamente el teorema que muestra la equivalencia de ambas hipótesis¹.

Además de sus investigaciones matemáticas, Apolonio se ocupó de óptica y estudió las propiedades focales de la parábola y su aplicación a la construcción de espejos para quemar. Mostró igualmente que los rayos de luz paralelos reflejados por un espejo semiesférico no convergen en un punto, como se pensaba.

8. La astronomía helenística

Aristarco de Samos

Poco sabemos de la vida de Aristarco de Samos (en griego, *Arístarkhos Sámios*), el famoso fundador del sistema heliocéntrico de astronomía. Más viejo que Arquímedes, parece que nació en la isla de Samos hacia -310 y que murió hacia -230. Probablemente estuvo en Alejandría, donde fue alumno del paripatético Estratón de Lámpsakos, antes de que éste regresara a Atenas como tercer escolarca del Liceo. Fue un notable matemático, precursor del estudio de las razones trigonométricas, y un astrónomo audaz. Se le atribuye también la invención del *skáphē*, un instrumento para observar con más precisión la posición del Sol y la hora solar, consistente en una aguja erigida verticalmente en medio de un cuenco semiesférico, y que habría acabado desplazando a los instrumentos planos anteriores.

La única obra conservada de Aristarco es la titulada *Sobre los tamaños y las distancias del Sol y de la Luna*, que no contiene alusión alguna al sistema heliocéntrico. Sobre el tema del tamaño y la distancia de los astros se había especulado mucho anteriormente, pero Aristarco ofrece el primer tratamiento matemático de la cuestión. De hecho sus razonamientos matemáticos son siempre correctos; lo que falla es la precisión de los datos empíricos de que parte.

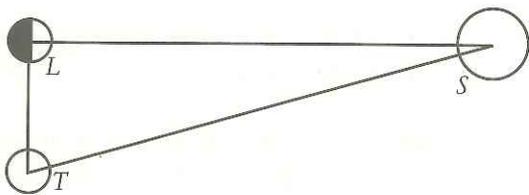
La obra está escrita en estilo euclídeo. Se parte de seis hipótesis:

1. Que la Luna recibe su luz del Sol.
2. Que la Tierra está en la relación de punto y centro con la esfera en que se mueve la Luna.
3. Que, cuando la Luna nos aparece partida por la mitad, nuestro ojo está en el mismo plano que el gran círculo que divide las porciones iluminada y oscura de la Luna.
4. Que, cuando la Luna nos aparece partida por la mitad, la distancia angular entre la Luna y el Sol es de 87° .
5. Que el diámetro del cono de sombra de la Tierra por el que la Luna pasa cuando se produce un eclipse es igual a dos diámetros lunares.
6. Que el diámetro angular aparente de la Luna (vista desde la Tierra) es de 2° .

A partir de estas hipótesis se prueban deductivamente varias proposiciones, que desembocan en los siguientes teoremas principales:

1. La distancia entre la Tierra y el Sol es mayor que 18 veces la distancia entre la Tierra y la Luna, y menor que 20 veces tal distancia.
2. El diámetro del Sol es igual a entre 18 y 20 veces el diámetro de la Luna.
3. El diámetro del Sol es mayor que $38/6$ veces el diámetro de la Tierra, y es menor que $43/6$ veces ese mismo diámetro.

La prueba del primer teorema, es decir, de que la distancia entre la Tierra y el Sol es unas 19 veces la distancia entre la Tierra y la Luna, se basa en las hipótesis 1, 3 y 4. En efecto, cuando la Luna, observada desde la Tierra, está en cuarto creciente (o en cuarto menguante), entonces la línea LS que une la Luna con el Sol forma un ángulo recto con la línea LT que une la Luna con la Tierra, tal y como indica la siguiente figura:



Puesto que conocemos el ángulo TLS (90°) y el ángulo LTS (87° , por la hipótesis 4), podemos concluir que el ángulo LST será de 3° , ya que en total los tres ángulos han de ser iguales dos rectos. Por tanto, la razón de LT a TS es el seno de 3° , es decir, $1/20$. En la época de Aris-

tarco todavía no existía la trigonometría, pero por razonamientos proto-trigonométricos él llegaba a la conclusión de que la razón de LT a TS estaba entre $1/18$ y $1/20$, lo cual es formalmente correcto. Sin embargo, la realidad astronómica es distinta. Hoy sabemos que la distancia entre la Tierra y el Sol es unas 400 veces mayor que la distancia entre la Tierra y la Luna, y no solo 19 veces. El error de Aristarco estaba en el dato de partida, en la hipótesis 4, según la cual el ángulo LTS sería de 87° , cuando en realidad es de $89^\circ 50'$, aproximadamente, con lo cual el ángulo LST es mucho menor de lo que pensaba.

El diámetro angular aparente de la Luna o del Sol (vistos desde la Tierra) es similar. Por ello el diámetro real debe ser proporcional a la distancia. Pensando que la distancia de la Tierra al Sol es 19 veces mayor que la de la Tierra a la Luna, Aristarco concluye que el diámetro del Sol ha de ser 19 veces mayor que el de la Luna. De nuevo el razonamiento es correcto, pero la conclusión es falsa, pues el dato de partida no se corresponde con la realidad.

El diámetro del Sol, finalmente, no es menor que $43/6$ veces el diámetro de la Tierra, sino que es unas 110 veces el diámetro terrestre. Aquí también el error proviene de los datos hipotéticamente asumidos. De hecho, la hipótesis 6 contiene el grosero error de estimar el diámetro angular aparente de la Luna en 2° , lo cual es una exageración. Según nos cuenta Arquímedes, Aristarco estimó luego ese diámetro en $1/2^\circ$, lo cual ya está mucho más cerca de la verdad.

La impresión que nos queda de la única obra conservada de Aristarco es la de un matemático muy seguro en

sus cálculos y planteamientos, pero un tanto descuidado en cuanto a los datos que utiliza. De todos modos, su fama actual se debe a su obra posterior, titulada *Hypothesis graphai*, que se ha perdido, y en la que exponía por primera vez un sistema heliocéntrico de astronomía planetaria.

El sistema heliocéntrico de Aristarco es descrito por Arquímedes en el *Psammítes* (Arenario). Según Aristarco, el Sol y la esfera de las estrellas fijas están quietos. Los planetas y la Tierra giran alrededor del Sol. Y la Tierra gira además diariamente en torno a su propio eje. Ese movimiento de rotación de la Tierra explica el aparente movimiento diario de los cielos. La translación de la Tierra en torno al Sol no produce un paralaje apreciable en la posición aparente de las estrellas, porque el diámetro de la órbita terrestre es pequeñísimo y despreciable en comparación con el diámetro de la esfera de las estrellas fijas, que es mucho mayor de lo que se había pensado hasta entonces.

El heliocentrismo de Aristarco tiene precedentes en la tradición pitagórica. Filólaos había defendido en el siglo -v que todos los astros, incluida la Tierra y un planeta invisible, la Antitierra, giran en el espacio en torno a un gran fuego central (distinto del Sol), el Altar de Zeus. En el siglo -iv, Heraklides Pontikós había sostenido que Venus y Mercurio giran en torno al Sol, y había descrito la rotación de la esfera terrestre sobre su propio eje. Aristarco dio el siguiente y decisivo paso, haciendo que todos los planetas, sin excepción e incluyendo la Tierra, girasen en torno al Sol. A pesar de su indudable genialidad intuitiva, parece que Aristarco no fue capaz de elab-

borar una teoría matemática heliocéntrica precisa, que permitiera predicciones exactas de los fenómenos celestes. Cuando, en el siglo siguiente, el astrónomo Hiparco (en griego, *Hípparkhos*) construyó una teoría astronómica capaz de hacer predicciones precisas, lo hizo sobre la base de la concepción geocéntrica, según la cual la Tierra está inmóvil en el centro del Universo, y el firmamento estrellado, el Sol y los planetas giran en torno a ella, según nos confirman la tradición, el sentido común y la observación ingenua. Esa misma teoría sería luego recogida y desarrollada por Ptolemeo, y dominaría la astronomía antigua tardía, la medieval y la renacentista, hasta Copérnico. La concepción heliocéntrica de Aristarco quedó sumida en el olvido.

En el siglo xvi, Copérnico resucitó las ideas de Aristarco, pero, a diferencia de él, las engarzó en una teoría matemática que permitía realizar predicciones detalladas. Copérnico conocía la concepción heliocéntrica de Aristarco y en el manuscrito de su obra *De revolutionibus* incluyó una referencia explícita a la misma, aunque luego la suprimió durante la corrección de las pruebas tipográficas, y en el libro impreso ya no aparece, como si le molestase reconocer que aquel lejano precursor se le había adelantado casi dos mil años en su teoría planetaria.

Eratóstenes

Eratóstenes (en griego, *Eratosthénēs*) nació hacia -284 en Cirene, en la costa libia. Estudió en Atenas, donde oyó al estoico Zenón, al académico escéptico Arcesilao y

al peripatético Ariston, entre otros. Cuando tenía unos treinta años se trasladó a Alejandría, invitado por el rey Ptolemeo III Euergetes, que le proporcionó un empleo en la Biblioteca de Alejandría, de la que llegaría a ser director, y le confió más tarde la educación del príncipe heredero. Eratóstenes gozó del favor de la corte hasta su muerte, a la avanzada edad de ochenta y dos años, hacia -202.

Eratóstenes era un científico y erudito universal, geógrafo e historiador, matemático y astrónomo, crítico literario y poeta. Al parecer, era conocido por el sobrenombre de «el beta», es decir, el segundo por antonomasia, ya que, ocupándose de todo, no era el primero en nada, aunque sí el segundo en muchas cosas.

Como poeta compuso poemas como el *Hermes* o el *Anterinyis* (Sobre la muerte de Hesíodo). Como filólogo destaca su obra *Sobre la comedia antigua*, que trataba de la autenticidad, crítica, exégesis y cronología de las comedias de Aristófanes y otros dramaturgos clásicos. Esta obra fue muy citada, aunque se ha perdido, como todas las demás de Eratóstenes.

Eratóstenes fue el primer griego en interesarse seriamente por la datación precisa de los eventos históricos. Al tema de la cronología dedicó sus obras *Khronographíai* y *Olympioníkai* (destinada a la datación de los diversos vencedores en los juegos olímpicos, como marco de referencia uniforme). Muchas de las fechas por él propuestas continúan siendo aceptadas todavía hoy.

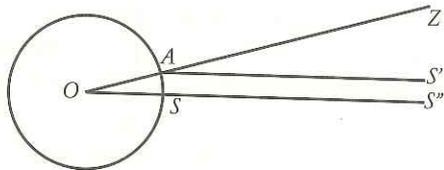
Como matemático, Eratóstenes escribió el diálogo *Platónikós*, en el que, además de estudiar proporciones y progresiones, ofreció su solución del problema délico de

la duplicación del cubo (es decir, determinar la arista de un cubo de volumen doble al de un cubo dado) mediante un procedimiento mecánico. Allí también introdujo la llamada criba de Eratóstenes o procedimiento para determinar, mediante cribas sucesivas, los números primos. A partir de la lista de todos los números naturales, uno tacha cada segundo número posterior al 2, tacha luego cada tercer número posterior al 3, y, en general, cada n -ésimo número posterior a n . Los números que van quedando sin tachar son los números primos. También escribió una obra sobre las medias proporcionales (*Peri mesotétōn*). Eratóstenes era estimado por los matemáticos de su tiempo, incluido Arquímedes, que mantenía correspondencia con él, le proponía problemas y le dedicó su tratado *Sobre el método*.

La mayor fama la alcanzó Eratóstenes como geógrafo. En su obra *Geographiká* negó la autoridad de Homero y otras fuentes tradicionales en cuestiones geográficas, situándose a sí mismo en la línea de Anaximandro, Hecateo y otros cartógrafos milesios. Incluyó en su obra un novedoso mapamundi, que corregía los mapas anteriores e incorporaba todo tipo de datos, observaciones y testimonios literarios. La línea central horizontal pasaba por Gibraltar, la isla de Rodas, los montes Taurus y Elburz, el Hindu Kush y el Himalaya. Este paralelo era bisectado en ángulo recto por el meridiano que pasaba por Meroe, Aswan, Alejandría, Rodas y la desembocadura del Dnieper. Otros paralelos y meridianos dividían el mundo conocido en paralelogramos. Inevitablemente, muchos de los datos incorporados eran de segunda mano e incompatibles entre sí, como se encargaría de mos-

trar en el siglo siguiente Hiparco en su obra en tres libros *Contra la geografía de Eratóstenes*. Pero varias de sus nociones, como la zonificación de la esfera terrestre en zonas árticas, templadas y tórridas, separadas por los círculos polares y los trópicos, se mantendrían con modificaciones hasta nuestros días.

Eratóstenes fue especialmente celebrado por su medida de la circunferencia terrestre. Supuso que Syene (Aswan) y Alejandría están en el mismo meridiano, y que Aswan está en el trópico de Cáncer, ya que al mediodía del solsticio de verano el gnomon (una varilla vertical) no arroja sombra alguna. Incluso hizo cavar un pozo vertical en Syene, comprobando que su fondo era iluminado por el Sol al mediodía del solsticio. Por tanto, los rayos solares llegan a Syene perpendicularmente en ese momento. A Alejandría, sin embargo, llegan con un cierto ángulo, que él estimó en $1/50$ de círculo con ayuda de un *skáphē*.



Puesto que todos los rayos solares que llegan a la Tierra (S' , S'' ...) pueden considerarse paralelos, el ángulo ZAS' formado por la perpendicular a Alejandría y el rayo solar S' será igual al ángulo AOS formado por Alejandría, el centro de la Tierra y Syene, es decir, $1/50$ de círculo. Por tanto, la circunferencia terrestre será 50 ve-

ces mayor que la distancia AS entre Alejandría y Syene. Siendo esa distancia de 5.000 estadios, la circunferencia terrestre medirá 250.000 estadios.

De hecho, Syene no está en el mismo meridiano que Alejandría, sino 3° al este de dicho meridiano. La distancia entre Alejandría y Syene no es de 5.000 estadios (de 148,8 metros), sino de 5.914 estadios. Por eso el resultado del cálculo de Eratóstenes ($250.000 = 37.200$ kilómetros) no coincide con los aproximadamente 40.000 kilómetros de circunferencia que tiene la Tierra, pero se le acerca mucho y representa un triunfo admirable de la geografía matemática helenística.

Hiparco

Hiparco (en griego, *Hipparkhos*) nació en Nicea (*Nikaia*, en griego; en turco, *Iznik*) y vivió en el siglo -II, aproximadamente entre -190 y -120. Su época de mayor actividad astronómica puede inferirse de las fechas de las observaciones que Ptolemeo le atribuye indudablemente en el *Almagesto*. La primera es del equinoccio de otoño de -147; la última, de una posición lunar en -127. Sus primeras observaciones las hizo desde Nicea, su ciudad natal, o sus alrededores. Hacia -142 se mudó de Nicea a la isla de Rodas (en griego, *Rhodos*), donde pasó el resto de su vida y desde donde llevó a cabo sus numerosas observaciones posteriores. No hay indicio alguno de que estuviera nunca en Alejandría.

La gran importancia de Hiparco en la historia de la ciencia se debe a que fue él quien transformó la astrono-

mía en una ciencia cuantitativa. Desde luego, no fue el primero en aplicar la modelización matemática en astronomía. Otros astrónomos anteriores, empezando por Eudoxo, habían inventado modelos geométricos para explicar cualitativamente los movimientos de los cuerpos celestes. Pero se trataba de modelos sin parámetros numéricos, que ni hacían uso de datos cuantitativos precisos ni pretendían hacer predicciones concretas.

Para convertir la astronomía en una ciencia cuantitativa, había que empezar por obtener datos numéricos precisos y sistemáticos de las posiciones de los cuerpos celestes en series de fechas diferentes, cosa que los griegos nunca habían hecho, aunque sí los babilonios. La astronomía babilónica alcanzó su apogeo bajo el Imperio Persa. A finales del siglo -v se inventó el Zodíaco, una banda en torno a la eclíptica, dividida en doce segmentos de 30°, caracterizados por doce signos o constelaciones. Esto hizo posible la expresión numérica de los datos de longitud (y de los horóscopos). Los métodos matemáticos predictivos desarrollados por los sacerdotes babilonios (y de Uruk y otros templos) alcanzaron su máximo desarrollo bajo los seléucidas (del siglo -IV al -II).

La observación sistemática de las posiciones de los cuerpos celestes en la esfera celeste y su registro cuidadoso empezó en el mundo helénico a comienzos del siglo -III, con los astrónomos alejandrinos Arístilo (*Arístylos*) y Timócaris (*Timókharis*), que apuntaron en sus anotaciones ciertas observaciones luego usadas por los astrónomos helenísticos posteriores, sobre todo por Hiparco y Ptolemeo. Los griegos anteriores no registraron nunca sus observaciones de un modo regular y sistemáti-

co. Los babilonios, por el contrario, disponían de series de anotaciones astronómicas largas, precisas, sistemáticas y regulares. Por eso tanto Hiparco como Ptolemeo prestaron al menos tanta atención a las observaciones astronómicas babilónicas como a las helénicas.

Hiparco construyó modelos geométricos para resolver sus problemas astronómicos, pero la novedad estriba en que les asignó parámetros numéricos sugeridos por las observaciones y en que usó esos parámetros para efectuar cálculos dentro del modelo, con los que podía efectuar predicciones precisas de posiciones astrales y de horas, que a su vez le permitían contrastar empíricamente sus modelos mediante las pertinentes observaciones. Él mismo hizo observaciones cuidadosas de los fenómenos celestes, ayudado de nuevos instrumentos, e incluso realizó series de observaciones precisamente fechadas y anotadas para uso de los astrónomos de la posteridad. En cualquier caso, Hiparco tenía una mente abierta y siempre estuvo dispuesto a cambiar de modelos y teorías para ajustarse a los resultados de las observaciones. Por eso Ptolemeo lo califica repetidamente de «amigo de la verdad» (*philalēthēs*).

No solo fue un gran observador, sino también un gran matemático, desarrollando la trigonometría para resolver los problemas de triángulos en sus cálculos astronómicos. La trigonometría griega se basaba en las tablas de cuerdas (segmentos rectilíneos limitados en ambos extremos por la misma circunferencia). Hiparco compiló la primera tabla de cuerdas, incluida en su obra sobre las cuerdas, en la que partía de la división del círculo en 360 grados de 60 minutos. Medía el radio, R , en la misma unidad, en minu-

tos:

$$R = \frac{360 \cdot 60}{2\pi} = \frac{21600'}{7,283} \approx 3438'$$

Compiló su tabla de cuerdas midiendo las cuerdas a intervalos de $7,5^\circ$ y usando la interpolación lineal para los puntos intermedios entre los computados. Si llamamos α al ángulo subtendido en el centro del círculo por el arco comprendido entre los dos extremos de la cuerda, entonces fácilmente se aprecia que la longitud de la cuerda subtendida por α está relacionada con el seno por la sencilla relación

$$\text{cord}(\alpha) = 2 \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Curiosamente, algunos de los métodos trigonométricos de Hiparco que desaparecieron luego en Grecia pasaron a la India y se encuentran reflejados en los textos astronómicos indios subsiguientes.

Quizá el descubrimiento más famoso de Hiparco es el de la precesión de los equinoccios, que merece una introducción más general. La Tierra es aproximadamente una esfera (más precisamente, es un elipsoide de revolución, pero aquí nos basta con lo de la esfera). Esta esfera gira o rota cada 24 horas en torno a su eje de rotación. Los dos extremos de ese eje son dos puntos de la superficie terrestre llamados los polos: el polo norte terrestre y el polo sur terrestre. Los puntos de la esfera terrestre que equidistan de esos dos polos constituyen el ecuador terrestre. La esfera celeste es una esfera imaginaria de radio enorme, cen-

céntrica y coaxial con la Tierra, que gira en sentido inverso a la Tierra; es muy útil y cómodo representar todos los objetos celestes como proyectados en esa esfera. La intersección del plano geométrico que contiene la órbita de la Tierra en torno al Sol con la esfera celeste es la eclíptica. La eclíptica tiene una inclinación de $23\frac{1}{2}^\circ$ respecto al ecuador celeste. Lo que acabamos de decir en este párrafo, y en especial la rotación de la Tierra y el carácter ficticio de la esfera celeste, representa el punto de vista actual, no el antiguo, aunque quizá habría sido aceptable para Aristarco de Samos. En el párrafo siguiente adoptamos un punto de vista más próximo al antiguo.

Vistas desde la Tierra, las estrellas parecen como pegadas a una gran esfera, la esfera celeste. Observando las estrellas a lo largo de la noche desde el hemisferio norte de nuestro planeta, se aprecia que todas describen círculos en torno a un punto situado junto a la estrella polar, llamado el polo norte celeste. Esto se ve con especial claridad en una foto del cielo efectuada con larguísima exposición, donde efectivamente las estrellas aparecen como círculos. El polo norte celeste es la proyección del polo norte terrestre en la esfera celeste. El ecuador celeste es la proyección del ecuador terrestre en la esfera celeste. El Sol parece moverse cada día de este a oeste sobre la esfera celeste, pero, fijándonos en las estrellas que rodean al Sol (por ejemplo, inmediatamente antes del amanecer), observamos a lo largo del año una lenta retrogresión del Sol de oeste a este. La trayectoria que el Sol describe sobre la esfera de las estrellas fijas constituye la eclíptica. Lo de «eclíptica» viene de que en ella se producen los eclipses.

La eclíptica corta el ecuador celeste en dos puntos, llamados equinoccios. Cuando, hacia el 21 de marzo, el Sol, que estaba al sur del ecuador celeste, en su camino hacia el norte cruza el ecuador celeste, atraviesa el punto denominado equinoccio vernal (o de primavera). Lo de «equinoccio» viene de que ese día y esa noche duran lo mismo: doce horas. El punto de la eclíptica en que esta se distancia más del ecuador celeste es el solsticio de verano. El día en que el Sol está en ese punto es el día más largo del año (en el hemisferio norte) y el día en que el Sol se pone en el horizonte más hacia el norte. Si uno observa cada día la puesta del Sol desde el mismo lugar a lo largo del año, uno puede apuntar en qué fecha se produce el solsticio de verano.

Hiparco comparó sus propias anotaciones sobre los equinoccios con las de sus antecesores, las del astrónomo alejandrino Timócaris siglo y medio antes y las de Aristarco de Samos en -281, constatando que no se producían siempre en la misma fecha. En su obra *Sobre el desplazamiento de los equinoccios y los solsticios*, Hiparco concluyó que

los solsticios y los equinoccios se desplazan [...] no menos de una centésima de grado, avanzando en el orden de los signos del zodiaco y en 300 años se han tenido que mover no menos de 3°.

Hiparco señaló también que el año sidéreo (ciclo de retorno a la misma estrella fija) es algo más largo que el año trópico (de equinoccio a equinoccio). Al principio del libro III del *Almagesto*, Ptolemeo escribe:

El primer problema acerca del Sol es la determinación de la longitud del año. Los antiguos estuvieron siempre en desacuerdo y confusión respecto a este tema, como puede verse en sus tratados, especialmente en los de Hiparco, que era sin duda diligente y un amante de la verdad. [...] Cuando uno examina el aparente retorno del Sol al mismo equinoccio o solsticio, uno encuentra que la longitud del año excede de 365 días en menos de $\frac{1}{4}$ de día, pero cuando uno examina su retorno a una de las estrellas fijas, la longitud del año excede de 365 días en más de $\frac{1}{4}$ de día. De ahí Hiparco concluyó que la esfera de las estrellas fijas tiene también un movimiento muy lento, que, igual que en el caso de los planetas, va hacia atrás respecto a la revolución que produce el movimiento diurno...

Hacia el final de su carrera, Hiparco, que había observado el cambio del polo celeste respecto a las constelaciones, infirió a partir de ello la precesión de los equinoccios: las posiciones de los equinoccios se van moviendo hacia el oeste a lo largo de la eclíptica con el paso del tiempo.

Actualmente el eje de rotación de la Tierra se mueve unos 50 segundos de arco al año (respecto al espacio inercial), lo que induce una ligera transformación en el sistema de coordenadas y un cambio en la posición aparente de las estrellas. El ciclo de la precesión de los equinoccios dura unos 25.800 años, tras los que vuelve a repetirse. La precesión de los equinoccios, descubierta por Hiparco, fue mucho más tarde explicada por la física newtoniana en función de las fuerzas de marea provocadas por la acción gravitatoria del Sol y la Luna.

Hiparco es considerado como el más grande observador astronómico de la Antigüedad. Ya recalcamos anteriormente que fue él quien introdujo en la astronomía helenística la idea de la observación sistemática y de la predicción exacta, que debe concordar con las observaciones posteriores. Introdujo la trigonometría en forma de tabla de cuerdas. Desarrolló la geometría de los epiciclos y deferentes, usados más tarde por Ptolemeo. Fue el primer astrónomo que construyó modelos cuantitativos precisos de los movimientos del Sol y de la Luna, haciendo uso de la riqueza de datos acumulados por los astrónomos babilónicos durante muchos siglos. Es probable que fuera el primero en poder predecir los eclipses solares, basado en su teoría de los movimientos solares y lunares y en su trigonometría.

Hiparco calculó el diámetro del Sol como $12\frac{1}{3}$ veces el de la Tierra; se quedó muy corto, pues en realidad es 109 veces el diámetro terrestre. Como consecuencia de ello, también se equivocó en la estimación de la distancia media de la Tierra al Sol, que él calculó en 1.250 veces el diámetro terrestre, cuando en realidad es de 11.728 veces el diámetro de la Tierra. Más se aproximó a la verdad en el caso de la Luna, cuyo diámetro estimó en 0,33 veces el terrestre, cuando en realidad es de 0,27 veces el terrestre. Calculó que la distancia de la Tierra a la Luna sería de $33\frac{2}{3}$ veces el diámetro terrestre; la distancia real es de 30 veces el diámetro terrestre.

Hacia -129, Hiparco creó el primer catálogo de estrellas del mundo occidental. El texto mismo se ha perdido. Sin embargo, en el Museo de Nápoles se conserva una estatua llamada el *Atlas de Farnese*, que representa al gi-

gante con un globo terráqueo de 65 cm de diámetro sobre su hombro. Recientemente se han sometido a análisis detalladísimo 70 posiciones de las 46 constelaciones representadas en el globo, lo que ha permitido retroceder la fecha de las observaciones originales, que corresponden al año -125, aproximadamente, con lo que solo pueden proceder del perdido catálogo de estrellas de Hiparco¹.

Hiparco se enfrentó a múltiples problemas astronómicos, pero nunca desarrolló una gran teoría unitaria ni un modelo global. Más tarde, cuando Ptolemeo presentó su propio sistema astronómico, basado en parte en datos, técnicas e ideas de Hiparco, el gran prestigio y difusión de la obra ptolemaica hizo que se olvidara la de Hiparco. Sus libros dejaron de copiarse y se perdieron para siempre, con la sola excepción de una obra menor, su comentario al poema astronómico de Arato.

Sin duda, la astronomía helenística perdió vigor tras la muerte de Hiparco, pero se transmitió ininterrumpidamente y continuó siendo cultivada en la época romana, en la que tuvo un momento de gran esplendor con Ptolemeo de Alejandría, el más famoso astrónomo de la Antigüedad, que vivió en el siglo II de nuestra era, bajo el Imperio Romano.

Notas

3. Epicuro

1. Diógenes Laertios, X, 13.
2. *Ibíd*, X, 22.
3. H. Usener: *Epicurea*, fragmento 221. La traducción de varios de los fragmentos de Epicuro citados es de Carlos García Gual y Eduardo Acosta, aunque a veces ha sido ligeramente modificada.
4. *Ibíd*, fragmento 163.
5. *Ibíd*, fragmento 117.
6. *Kyriai Dóxai*, 11, 12, 13 (en Diógenes Laertios, X).
7. *Carta a Heródoto*, 59 (en Diógenes Laertios, X).
8. *Carta a Pythoklés*, 88 (en Diógenes Laertios, X).
9. *Kyriai Dóxai*, 2 (en Diógenes Laertios, X).
10. *Carta a Pythoklés*, 94.
11. *Carta a Menoikéus*, 134 (en Diógenes Laertios, X).
12. H. Usener: *Epicurea*, fragmento 409.
13. *Gnomologium Vaticanum*, 33.
14. Diógenes Laertios, X, 118.
15. *Carta a Menoikéus*, 129.
16. H. Usener: *Epicurea*, frag. 442.
17. *Gnomologium Vaticanum*, 71.
18. H. Usener: *Epicúrea*, frag. 181. Traducción de Carlos García Gual y Eduardo Acosta.

19. *Gnomologium Vaticanum*, 59. Traducción de Carlos García Gual y Eduardo Acosta.
20. *Ibíd*, 18.
21. T. Lucrecio, *De Rerum Natura*, IV, 1064.
22. *Carta a Menoikéus*, 131.
23. H. Usener: *Epicurea*, frag. 512.
24. *Gnomologium Vaticanum*, 34.
25. Diógenes Laertios, X, 117.

4. El estoicismo

1. La principal fuente para el conocimiento de la lógica de Crisipo la constituye el filósofo escéptico Sexto Empírico, que la expuso para refutarla cuatro siglos más tarde en sus dos libros «contra los lógicos» de su obra *Prôs dogmatikoús* y en el libro segundo de *Pyrrôneioi hypotýposeis*. En concreto, los cinco indemostrados se encuentran expuestos en II, 156-162 de esta última obra.
2. Cicerón, *De natura deorum*, II, 16.
3. Diels y Kranz, *Die Fragmente der Vorsokratiker*, 22 B 30.

5. El escepticismo

1. Sexto Empírico, *Pyrrôneioi hypotýposeis*, I, 22.
2. *Ibíd*, 25, 26.
3. Diógenes Laertios, XI, 62.
4. Sexto Empírico, *Pyrrôneioi hypotýposeis*, I, 22.
5. Diógenes Laertios, IX, 105.
6. Cicerón, *Academici*, I, 60.

7. La matemática helenística

1. Ptolomeo, *Almagesto*, libro XII, 1.

8. La astronomía helenística

1. Schaefer, Bradley. The epoch of the constellations on the Farnese Atlas and their origin in Hipparchus's Lost Catalogue. *Journal for the History of Astronomy*, Vol. 36, mayo 2005, pp. 167-196.

Bibliografía

1. La época helenística

- AUSTIN, Michael. *The Hellenistic World from Alexander to the Roman Conquest: A Selection of Ancient Sources in Translation*. 2.^a edición. Cambridge University Press, 2006.
- DROYSSEN, Johann G. *Geschichte des Hellenismus*, en 3 tomos, publicada a mediados del siglo XIX y reeditada varias veces, la última en Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt, 1998. A pesar de su edad, sigue siendo la obra más completa para la historia política, militar y cultural del periodo helenístico.
- ROSTOVTZEFF, Michael. *Social and Economic History of the Hellenistic World* (1941). Imprescindible para la historia social y económica.
- SCHNEIDER, Carl. *Kulturgeschichte des Hellenismus*. 2 volúmenes. Múnich: Beck Verlag, 1967-1969. Buena presentación de la cultura helenística en general.

2. Continuadores y precursores

Como obras generales acerca de la filosofía helenística, pueden consultarse:

- ALGRA, Keimpe y otros (eds.). *The Cambridge History of Hellenistic Philosophy*. Cambridge University Press, 2005. La mejor historia de la filosofía helenística.
- LONG, Anthony. *Hellenistic Philosophy*. Londres, 1974. Traducido al español como *La filosofía helenística*. Madrid: Alianza Universidad, 2004.
- REALE, Giovanni. *Storia della Filosofia Antica*. Milán: Vita e Pensiero, 1976-1978. Los tomos III y IV de esta gran obra ofrecen una panorámica detallada de la filosofía en la época helenística.

Como obra curiosa acerca del cinismo antiguo, véase: ONFRAY, Michel. *Cynismes*. París: Éd. Grasset, 1990. Traducción española: *Cinismos: Retrato de los filósofos llamados perros*. Paidós, 2002.

3. Epicuro

La edición clásica de los fragmentos de Epicuro conocidos hasta 1887 es la de Hermann Usener: *Epicurea* (Stuttgart, Teubner Verlag; reimpresión en 1966). Todos los fragmentos recogidos por Usener, más los descubiertos con posterioridad, como los del *Gnomologium Vaticanum* y los de los papiros de Herculaneum, han sido reunidos en la edición más completa existente hasta la fecha en Graziano Arrighetti: *Epicuro: Opere* (2.ª ed., Turín, Einaudi, 1973).

Las mejores traducciones de los textos epicúreos se encuentran en italiano. Además de la contenida en la ya citada edición de G. Arrighetti: *Epicuro*, señalamos *Epicuro: Opere* (Turín, Unione Tipografico-Editrice Torinese, 1974), a cargo de Margherita Isnardi, que contiene una completa y excelente traducción anotada de todos los textos epicúreos.

En castellano contamos con la traducción (acompañada del texto griego) de la carta a Menoikéus y de muchos otros fragmentos éticos por Carlos García Gual y Eduardo Acosta, en *Epicuro: Ética*. Barcelona: Barral Editores, 1974. La mayoría de estas traducciones, junto con la de la carta a Heródoto y de otros textos epicúreos, se encuentran en el libro de Carlos García Gual, *Epicuro*, citado a continuación. El libro X de Diógenes Laertios, dedicado a Epicuro y

que contiene sus tres cartas conservadas, ha sido traducido y anotado por Antoni Piqué en *Diógenes Laercio: Vida de Epicuro* (Barcelona, Edicions de la Universitat, 1981).

El gran poema filosófico de Lucrecio es fácilmente accesible en la magnífica edición bilingüe (en latín y castellano) en dos volúmenes, titulada: *T. Lucrecio Caro: De la Naturaleza* (Barcelona, Ed. Alma Mater, 1962), debida a Eduardo Valentí.

GARCÍA GUAL, Carlos. *Epicuro*. Madrid: Alianza Editorial, 2002. Quizás el libro más útil y completo sobre Epicuro que se haya escrito en castellano.

LLEDÓ, Emilio. *El epicureísmo*. Madrid: Taurus, 2003. Librito delicioso.

PASQUALI, A. *La moral de Epicuro*. Caracas: Monte Ávila Ed., 1970.

RIST, J. M. *Epicurus, An Introduction*. Cambridge University Press, 1972. Excelente monografía.

WARREN, James. *Epicurus and Democritean Ethics: An Archaeology of Ataraxia*. Cambridge University Press, 2002.

4. El estoicismo

La edición clásica de los fragmentos estoicos es la de J. von Arnim: *Stoicorum Veterum Fragmenta* (Leipzig, 1902-1905), en tres tomos, que contiene los fragmentos conservados de los clásicos del estoicismo, Zenón, Cleantes y, sobre todo, Crisipo.

BRÉHIER, Émile. *Les Stoiciens*. París: Gallimard, Bibliothèque de la Pléiade, 1962. Una buena traducción al francés de gran parte de los escritos conservados de los diversos pensadores estoicos.

BRENNAN, Tad. *The Stoic Life*. Oxford University Press, 2005.

CAPPELLETTI, Ángel. *Los estoicos antiguos*. Madrid: Gredos, 2002.

CRISIPO DE SOLOS. *Testimonios y fragmentos*. Los fragmentos conservados de Crisipo, en 2 volúmenes, traducidos al español y anotados por F. Javier Campos y Mariano Nava. Madrid: Gredos, 2006.

- ELORDY, Eleuterio. *El Estoicismo*. En dos volúmenes. Madrid: Gredos, 1972.
- FREDE, Michael. *Die stoische Logik* (Vandenhoeck & Ruprecht, Gotinga, 1974). Complementa el estudio de Benson Mates sobre la lógica estoica.
- INWOOD, Brad (ed.). *The Cambridge Companion to The Stoics*. Cambridge University Press, 2003.
- MATES, Benson. *Stoic Logic*. 2.^a ed. Berkeley: University of California Press, 1961. La obra clásica sobre la lógica estoica.
- RIST, J. M. *Stoic Philosophy*. Cambridge University Press, 1969. Traducción española: *La filosofía estoica*. Barcelona: Crítica, 1995. Uno de los mejores estudios generales sobre el estoicismo.
- SAMBURSKY, S. *Physics of the Stoics*. Londres: Hutchinson, 1971. Traducción española: *El mundo físico de los griegos*. Madrid: Alianza Universidad, 1999. La obra clásica sobre la física estoica.
- SELLARS, John. *Stoicism*. University of California Press, 2006.

5. El escepticismo

- BURNYEAT, Myles y FREDE, Michael (eds.). *The Original Sceptics: A Controversy*. Indianapolis: Hackett Publishing Inc., 1998.
- CHIESARA, Maria Lorenza. *Historia del escepticismo griego*. Madrid: Ediciones Siruela, 2006.
- GROARKE, Leo. *Greek Scepticism: Anti-Realist Trends in Ancient Thought*. Montreal: McGill-Queen's University Press, 1990.

6. El Museo y la ciencia alejandrina

- CANFORA, Luciano. *The Vanished Library. A Wonder of the Ancient World*. Traducción inglesa. Berkeley: University of California Press, 1989. Traducción española: *La biblioteca desaparecida*. Gijón: Trea, 1998.

- EL-ABBADI, Mostafa. *Life and Fate of the Ancient Library of Alexandria*. 2.^a edición. París: UNESCO, 1992. Traducción española: *La antigua biblioteca de Alejandría: vida y destino*. Madrid: Amigos de la Biblioteca de Alejandría, 1994.
- FRASER, Peter. *Ptolemaic Alexandria*. 3 volúmenes. Oxford University Press, 1972. Reimpreso en Oxford University Press/Sandpiper, 2001.
- MACLEOD, Roy. *The Library of Alexandria: Centre of Learning in the Ancient World*. 2.^a edición. Londres y Nueva York: I.B. Tauris, 2005.
- IRBY-MASSIE, Geo. *Greek Science of the Hellenistic Era: A Sourcebook*. Routledge, 2001.

7. La matemática helenística

- APOLONIO. Las obras conservadas de Apolonio han sido editadas por J. L. HEIBERG: *Apollonii Pergaei quae Graece extant* (Leipzig, Teubner, 1891-1893). La mejor traducción de Apolonio es la realizada al francés por Paul VER EECHE: *Les coniques d'Apollonius de Perge* (reimpr. París, 1961).
- ARQUÍMEDES. El texto griego completo de Arquímedes ha sido editado por J. L. HEIBERG en tres volúmenes, *Archimedis Opera cum commentariis Eutocii*. 2.^a edición. Leipzig, 1910-1915. Las mejor traducción de Arquímedes al inglés es la de T. L. HEATH: *The Works of Archimedes* (Cambridge, 1897), reimpresa en Dover (Nueva York). Más recientemente se ha iniciado una nueva edición en inglés de toda la obra de Arquímedes. Ya ha aparecido *The Works of Archimedes*. Vol. 1, *The Two Books On the Sphere and the Cylinder*. Edición, traducción al inglés y revisión de los diagramas por R. NETZ. Cambridge University Press, 2004.
- Es notable la traducción al francés por Charles MUGLER, *Archimède*, en 4 tomos (París, Les Belles Lettres, 1970-1972). Vol. 1: *De la sphère et du cylindre, La mesure du cercle, Sur les conoïdes et les sphéroïdes*. Vol. 2: *Des spirales. De l'équilibre des figures planes. L'arénaire. La quadrature de la parabole*. Vol. 3: *Des corps flottants. Stomachin. La méthode. Le livre des lemmes. Le problème des bœufs*. Vol. 4: *Commentaires d'Eutocius et fragments*.

- *El Método*. Edición de José BABINI. Buenos Aires: Eudeba, 1966.
- Arquímedes. *El Método*. Traducción española y edición de Luis VEGA. Madrid: Alianza Editorial, 1986. *El método relativo a los teoremas mecánicos de Arquímedes*. Edición crítica de P. M. GONZÁLEZ URBANEJA y J. VAQUÉ. Barcelona: Publicaciones de la UAB y la UPC, 1993.
- *Tratados*. I. *Sobre la Esfera y el Cilindro. Medida del Círculo. Sobre Conoides y Esferoides. Comentarios. Eutocio*. Traducción española y edición de Paloma ORTIZ GARCÍA. Madrid: Gredos, 2005.
- *Obras escogidas*. Edición con facsímil del Manuscrito X-I-14 de la Biblioteca de El Escorial. Edición de Antonio J. DURÁN. Traducción española de Paloma ORTIZ y Susana MIMBRERA. Madrid: Real Sociedad Matemática Española, International Congress of Mathematicians, 2006. Madrid, Patrimonio Nacional, 2006.
- BOYER, Carl B. *A History of Mathematics*. John Wiley, 1968. Traducción española: *Historia de la matemática*. Madrid: Alianza Editorial, 1986. Los capítulos 7 al 11 cubren la matemática helenística.
- COHEN, M. y DRABKIN, I. (eds.). *A Source Book in Greek Science*. Harvard University Press, 1948. La mejor antología de textos científicos helenísticos.
- DIJKSTERHUIS, E. D. *Archimedes*. Copenhagen, 1956 (Princeton, 1987).
- EUCLIDES. Las obras conservadas de Euclides han sido editadas por J. L. HEIBERG: *Euclidis opera omnia* (Leipzig, Teubner, 1883-1916).
- Quizá la mejor traducción de Euclides es la realizada al inglés por T. L. HEATH: *The Thirteen Books of Euclid's Elements* (Cambridge, 1908) reimpresa luego en edición de bolsillo (Nueva York, Dover).
- Hay una edición bilingüe (en griego y castellano) de los libros I y II de los *Elementos* de Euclides, preparada por Juan David GARCÍA BACCA: *Elementos de Geometría* (México, UNAM, 1944). Más reciente y menos idiosincrática es la traducción por María Luisa PUERTAS DE EUCLIDES, *Elementos*, publicada en tres tomos (Madrid, Gredos, 1991-1996), con introducción de Luis Vega.

- GONZÁLEZ URBANEJA, Pedro. «Matemáticas y matemáticos en el mundo griego». En Antonio J. DURÁN (ed.), *El legado de las matemáticas*. Catálogo de una exposición. Sevilla, 2000.
- HEATH, T. L. *History of Greek Mathematics*. Oxford, 1921.
- NEUGEBAUER, O. *The Exact Sciences in Antiquity*. Providence, R. I., 1957.
- TORIJA HERRERA, R. *Arquímedes: alrededor del círculo*. Edit. Nivola, 1999.
- VAN DER WERDEN, B. L. *Erwachende Wissenschaft*. Basilea, 1966.

8. La astronomía helenística

- CROWE, Michael J. *Theories of the World from Antiquity to the Copernican Revolution*. 2.^a edición. Nueva York: Dover, 2001.
- DORCE, Carlos. *Ptolomeo: El astrónomo de los círculos*. Edit. Nivola, 2006.
- EVANS, James. *The History and Practice of Ancient Astronomy*. Oxford University Press, 1998. Magnífica y bien ilustrada exposición de los métodos de predicción de la astronomía antigua, que realmente enseña a usarlos e incluso a manejar el astrolabio.
- GILLESPIE, Charles C. *Dictionary of Scientific Biography*. En 18 volúmenes, Nueva York: Scribner, 1970-1990. Incluye buenos artículos sobre los astrónomos helenísticos.
- HANSON, Norwood R. *Constellations and Conjectures*. Reidel, 1973. Traducida al español como *Constelaciones y conjeturas*. Madrid: Alianza Editorial, 1978.
- HEATH, Thomas L. *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus: A History of Greek Astronomy to Aristarchus Together with Aristarchus's Treatise on the Sizes and Distances of the Sun and Moon*. Oxford: Clarendon Press, 1913. Reimpreso en Dover (1981) y Thoemmes Press (1996). Esta edición contiene el texto griego y la traducción de la única obra conservada de Aristarco.
- KLINE, Morris. *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*. Oxford University Press, 1972. Sobre todo, los capítulos 3-8. Traducción española: *El pensamiento matemático de la Antigüedad a nuestros días*. Madrid: Alianza Universidad, 1992.

- KUHN, Thomas S. *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Harvard University Press, 1957. Traducida al español como *La revolución copernicana*. Barcelona: Ariel, 1996. Presenta y discute en términos más generales la concepción básica de la astronomía antigua de un universo geocéntrico y rodeado por la esfera de las estrellas fijas.
- NEUGEBAUER, Otto. *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (Springer Verlag, 1975), en tres volúmenes. La obra maestra y definitiva sobre la astronomía antigua, que incluye un tratamiento exhaustivo de Ptolemeo.
- NEWTON, Robert R. *The Crime of Claudius Ptolemy*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1977. El autor sostiene que Ptolemeo sacó la mayoría de sus ideas de Hiparco, sin reconocerlo suficientemente, tesis que ha dado lugar a una gran controversia.
- PEDERSEN, Olaf. *Early Physics and Astronomy: A Historical Introduction*. Cambridge University Press, 1993.
- PÉREZ SEDENO, Eulalia. *El rumor de las estrellas*. Madrid: Siglo XXI Editores, 1986. Sobre la teoría de las esferas concéntricas de Eudoxo.
- PTOLEMEO, Claudio. *Almagesto*. El texto griego de la obra capital de Ptolemeo, conocida como *Almagesto*, se encuentra en *Claudii Ptolemai Opera quae extant omnia*, vol. I, *Syntaxis Mathematica*, editada por J. L. HEIBERG en Teubner (Leipzig, 1898-1903). La mejor, más fiable y más accesible traducción es la realizada al inglés por G. J. TOOMER, *Ptolemy's Almagest*, publicada por Duckworth (Londres, 1984). Hay una traducción española completa de la obrita ptolemaica *Las hipótesis de los planetas*, publicada por Alianza Editorial, Madrid, 1987. Hay una traducción francesa de la *Óptica* de Ptolemeo (perdido el original griego, se conserva una traducción latina de la traducción árabe) por Albert LEJEUNE, *L'Optique de Claude Ptolémée*. Lovaina, 1956. (Reedición ampliada en Leiden: E. J. Brill, 1989.)
- TORRETTI, Roberto. *De Eudoxo a Newton: Modelos matemáticos en la filosofía natural*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Diego Portales, 2007. Una precisa y fiable presentación de la modelización matemática en física y astronomía, que incluye la astronomía helenística, pero llega hasta Newton.

Índice analítico

- Abdera, 155
 abstención de juzgar (*epokhē*), 157-159, 160, 163, 170
 Academia, 29, 47, 48, 60, 62, 159, 160, 161, 169
 Aemilius Paulus, 45
 Afganistán, 17, 18, 32
 África, 24, 42, 161, 165
 Agathoklés, 22
 Aigai, 20, 38
 Akádemos, 48
 Aktion, batalla de, 40
 alegría serena (*eutymía*), 149
 Alejandría (*Alexándreia*), 12, 14, 25, 32, 34, 36, 38-42, 46, 121, 123, 165-172, 185, 195, 198, 204-207, 215
 Alejandro Magno (*Aléxandros Mégas*), 11, 15, 29-30, 32, 37, 43, 49, 57, 155, 165, 166
 aliento (*pneûma*), 80-81
 alma (*psykhē*), 48, 55, 80-81, 109, 125, 136-141, 144, 145, 148
 amistad (*philia*), 63, 64, 110-115, 160, 185
 Amón, 18, 21
 amor/atración erótica (*érōs*), 56, 108, 112
 Anatolia, 18, 20, 22, 23, 29, 34, 36, 44, 56, 120, 121, 159, 195
 Anaxarco (*Anáxarkhos*), 155
 Anaximandro, 305
 Andrágoras, 33
 Andriskos, 27
 Andrónikos Rodios, 29
 Aníbal, 27
 antigónidas, dinastía, 22, 23, 26, 120
 Antígono Doson, 26
 Antígono I Monóftalmos (el tuerto), 20-22, 25, 28, 30, 37
 Antígono II Gonatás, 22, 26, 120
 Antíoco (*Antíokhos*) I Soter (el salvador), 22-23, 30-31,
 Antíoco II Theós (el dios), 30
 Antíoco III Mégas, 31, 33, 34, 36, 43

- Antíoco IV Epifanés (el dios que se aparece), 34, 35, 40
 Antíoco VIII, 31
 Antioquía (*Antiókheia*), 14, 32
 Antípatro, 20, 21, 22, 24, 25, 49,
 Antípatro de Tarso, 122
 Antístenes (*Antisthénēs*), 55-56
 Antonio, 40
 Apama, princesa persa, 23, 30, 31
 Apamia, tratado/paz de, 33, 34,
 36, 43
 Apeles, 66
 Apelikon, 29
 Apis, 41
 Apolo, 140
 Apolo lobuno (*lykeios*), 48
 Apolonio (*Apollōnios*) de Perga, 12,
 173, 185, 195-197
Secciones cónicas (Kōniká), 195-
 196
Tangencias (Ephai), 196
 Aquiles (*Akhilēus*), 18
 Arabia, 42
 Arato, 215
 Arcesilao (*Arkesilaos*) de Pitane,
 48, 121, 159-162, 203
 Argeadas, dinastía, 19, 21
 Ariarthes V de Capadocia, 44
 Aristarco de Samos (*Aristarkhos*
Sámios), 12, 79, 145, 193, 198-
 203, 211, 212
Hypothesiōn graphai, 202
Sobre los tamaños y las distancias
del Sol y de la Luna, 198
 Aristarco de Samotracia, 168
 Aristeo (*Aristaios*), 195
 Aristilo (*Aristyllos*), 198
 Aristóbulo I, 36
 Aristófanes de Bizancio, 168, 204
 Aríston, 204
 Aristóteles, 24, 25, 29, 47-50, 51,
 54, 57, 58, 61, 65, 68, 70, 71, 74,
 75, 79, 81, 92, 96, 97, 101, 105,
 110, 112, 118, 123, 125, 127,
 135, 136, 137, 142, 143, 145, 147,
 166, 167, 171, 175, 186, 187
Análíticos Posteriores, 175
Física, 186
Peri Hermēneías, 54, 96
 Arquímedes (*Arkhimédēs*), 12, 145,
 173, 185-195, 198, 201, 202, 205
Epipédōn isorropiōn (Sobre el
 equilibrio de las figuras pla-
 nas), 189
Epbodos (Método), 192
Kýklou métrēsis (Medición del
 círculo), 193
Peri helikōn (Sobre espirales),
 194
Peri konoidēōn kai spheiroidēōn
 (Sobre conoides y esferoi-
 des), 194
Peri okbouménōn (Sobre los cuer-
 pos flotantes), 191
Peri sphairas kai kylíndrou (So-
 bre la esfera y el cilindro),
 194
Psammítēs (Arenario), 193, 202
Sobre el método, 205
 Arridaios, 19
 Arsakes III, 33
 arsakidas, dinastía, 33
 Arsinoe, 22, 38, 39
 Asia, 23, 24, 165
 Asos, 120
 astronomía helenística, 198-215
 Aswan, 205, 206
 Atenas, 14, 15, 16, 20, 21, 24, 25,
 26, 28, 29, 32, 44, 46, 47, 49, 50,
 55, 57, 58, 60, 62, 117, 120, 121,
 146, 156, 159, 160, 161, 166,
 173, 198, 203
Atlas de Farnese, 214-215
 átomos (*átoma*), 68-103, 116
 inalterables (*ametáblēta*), 68, 69,
 77, 78
 partes mínimas de (*elákbista*),
 69-71

- Attalos I Soter, 36
 Attalos II de Pérgamo, 44
 Attalos III, 37
 ausencia de molestias corporales
 (*aponía*), 100-101
 ausencia de perturbación mental y
 de ansiedad (*ataraxía*), 100-101,
 157, 159
 Autólykos, 174
 autosuficiencia (*autárkeia*), 58
 axiomas/nociones comunes (*koínai*
énnoiai), 175
 Babilonia, 17, 19, 21, 22, 30, 33
 Baktría, 33
 Barsine, 19
 Biblioteca de Al-Azhar (El Cairo),
 169
 Biblioteca de Alejandría, 25, 38,
 42, 166, 167-170, 204
 Biblioteca de Pérgamo, 36
 Biblioteca Vaticana, 65
Bibliotheca Alexandrina, 169
 Bithynia, 44
 Bósforo, 156
 Calcis (*Kbalkís*), 24, 61
 Capadocia, 44
 carne (*sarx*), 80
 Carnéades (*Karneádēs Kyrēnaios*),
 28, 44, 122, 161-164
 Cartagena, 186
 Casandro (*Kássandros*), 19, 21-22,
 25, 49
 Chandragupta, 32
 Chipre, 14, 21, 39, 120
 Cicerón, 65, 96, 133, 162, 186
 Cícladas, islas, 171
 ciclo cósmico, 141-149
 Cirene, 14, 161, 203
 Ciro (*Kurush*), 29
 Cleantes (*Kleántēs*), 120-122, 140,
 145-147
 Clemens de Alejandría, 123
 Cleopatra Diosa (*Kleopátra Theá*), 31
 Cleopatra, hermana de Alejandro
 Magno, 20
 Cleopatra VII, 40
 conceptos/prenociones (*prolēpseis*),
 85-89, 90-93, 124, 126, 175, 177
 conclusión (*sympérasma*), 178
 conectores e inferencias, 129-135
 conflagración (*epimartýresis*), 94
 conflagración (*ekpýrōsis*), 142, 145,
 147
 conglomerados (*systáseis*), 69, 76-
 77, 82
 construcción de teoremas (*katask-
 keuē*), 178, 179
 contacto (*epibolē*), 83
 contacto directo de la mente con
 imágenes (*phantastikē epibolē*
tēs dianoías), 90
 Copérnico, 203
 Corinto, 14, 15, 16, 26, 28, 57, 120
 Estrecho de, 27
 cosas
 percibidas como aparentes (*phai-
 nómena*), 156, 157
 buenas (*agathà*), 149
 indiferentes (*adiáphora*), 149
 malas (*kakà*), 149
 no-manifestas (*áde-la*), 156
 pensadas como reales (*nóume-
 na*), 157
 abstención del juicio sobre las
 cosas (*epokhē*), 157-159, 160,
 163, 170
 Cosmopolita (*kosmopolítēs*), 58
 Cosmopolitismo, 151-153
 Constantinopla, 169
 Crisipo, 121-125, 127, 130-135,
 138-141, 145-146, 147, 162,
 168,
 criterio/canon (*kanón*), 89-96
 Critolao (*Kritólaos*), 28, 162
 cualidades primarias (*symbebēkóta*),
 78

- cualidades secundarias (*symplicmata*), 78
 cuerpo (*sēma*), 80
 cuerpos compuestos, 75-80

 Dardanelos, 16, 18
 Darío (*Darayavaush*) III, 16, 17, 18, 29, 165
 definición propia (*lógos ídios*), 91
 definiciones (*bóroi*), 175, 177
 Delfos, 29
 Demetrio de Fálaron, 25, 38, 49, 166, 167
 Demetrio (hijo de Euthydemos), 33
 Demetrio Poliorketés, 21, 25, 120
 Demócrito (*Demókritos*), 61, 66, 70-72, 74, 75, 78-81, 83, 85, 96, 98, 118, 155, 171
 Demóstenes, 15, 24
 Demostración (*apódeixis*), 131, 178-179
 Descartes, 196
 Deseos, 58-59, 106-110
 innecesarios y naturales, 106
 naturales e innecesarios, 106-108, 110
 naturales y necesarios, 106-107
 determinismo, 54, 96-98, 141-146
 Diodoro Crono (*Diódōro Krónos*), 51-55, 120, 123, 127, 160
 Diódotos, 33
 Diógenes de Oinoanda, 65
 Diógenes de Seleucia (*Seléukeia*), 28, 32-33, 121, 161
 Diógenes de Sinope, 56-58, 146-147
 Diógenes Laertios, 65, 123
 Vidas de los filósofos más ilustres, 65
 Dionisio, 28, 40
 Dionisio Tracio, 125
 Dios Ígneo, 140
 dioses, 25, 30, 32, 38-39, 41, 48, 67, 77, 84, 86, 88, 90, 98, 102, 115-118, 123, 135, 137, 140-141, 142, 143, 164
 dioses hermanos (*theoi adelphoi*), 39
 Dnieper, 205
 Dositheos, 185

 educación (*paideia*), 66
 Éfeso, 39
 Egipto, 17, 18, 19, 21-23, 31, 34, 35, 37-42, 43, 45, 165, 166, 169, 186
 Einstein, Albert, 175
 ejemplificación (*ékthesis*), 178
El pensamiento clásico tardío, 13
 Elburz, 205
 Elementador, el (*ho Stoikheiotés*) véase Euclides de Megara
 elemento dominante (*tò hēgemonikón*), 139, 148
 Eleusis, 117
 Elis, 154-156, 160
 Epicteto, 152
 epicureísmo, 11, 50, 82, 119
 Epicuro (*Epíkeuros*), 47, 50, 60-118, 120, 171
 Carta a Menoikéus, 65
 Carta a Pythoklés, 65, 95
 Carta a Heródoto, 65
 opiniones principales (*Kyriai Dóxai*), 65
 Sobre la naturaleza, 65
 Epidaurós, 29
 equilibrio (*isorrepeîn*), 188-189
 Erasístrato de Keos (*Erasístratos Keios*), 170-172
 Diáirseis (Anatomía), 171
 Peri tōn kathólou pragmateia (Fisiología), 171
 Eratóstenes (*Eratosthēnēs*), 12, 185, 192, 203-207
 Anterinyis (Sobre la muerte de Hesíodo), 204
 Geographiká, 205
 Hermes, 204

- Khronographíai*, 204
Olympioníkai, 204
Peri mesotētōn, 205
Platónikós, 204
 Sobre la comedia antigua, 204
 escepticismo, 11, 48, 154-164, 170
 académico, 159-164
 pirrónico, 154-159
 espacio, el (*khēra*), 74-75, 78, 116, 125, 202, 213
 Esparta, 26, 27, 29
 Estilpón (*Stilpōn*), 47, 123, 156
 estoicismo, 11, 50, 119-153, 160, 162
 Estrabón, 168
 Estratón de Lámpsaco, 49, 166, 171, 198
 Estratónike, 30-31
 ética cínica, 55-59, 122
 ética estoica, 122, 146-149, 161
 etnia, véase raza
 Eubúlides de Mileto (*Euboulidēs Milēsiōs*), 51
 Euclides de Megara (*Eukleidēs Megarikós*), 12, 47, 50, 51, 155, 173-185, 189, 195, 196
 Elementos (*Stoikheia*), 174-181, 184, 189
 Dedoména (Sobre lo dado), 184
 Koniká, 184-185
 Optiká, 184
 Peri diáirseōn, 184
 Phainόμεna, 184
 Porismata, 184
 Pseudaria, 184
 Eudoxo de Knidos (*Eudoxos Knidios*), 48, 79, 145, 173, 182, 183, 193, 208
 Eumenes II, 20, 169
 Europa (Macedonia y Grecia), 24
 Euthydemos, 33
 Evia, isla, 24
 evidencia (*enárgeia*), 87, 128
 Exhortaciones de Epicuro (*Gnomologium Vaticanum*), 65

 Faro de Alejandría, 12, 165
 Faros, isla, 42-43
 felicidad (*eudaimonia*), 149
 fenómenos (*phainόμεna*), 156-158
 Fermat, 196
 Fidias, 185
 Filipo (*Philippos*) II de Macedonia, 15, 24
 Filipo V, 26-28
 Filólaos, 202
 Filódemos de Gádara, 65
 Filón de Megara, 51, 52, 123
 filosofía en Atenas, 46-50
 filosofía epicúrea, 65-68, 115
 física estoica, 135-137, 144-145, 147
 fisiología (*physiología*), 67, 171
 Flius, 156
 Frege, 127
 Frigia, 20

 Galeno, 172
 Galileo, 187
 Gaugamela, batalla de, 17
 Gelon, 185
 Gibraltar, 205
 gimnasio Kynósarges, 56
 Golfo Pérsico, 18
 Gordion, 18
 Gorgias, 55
 Gránikos, 16
 Grecia, 15, 20, 23, 24-29, 32, 39, 44, 63, 115, 210

 Halley, Edmund, 196
 Hecateo, 205
 Hefaiestión, 18, 20
 Heiberg, 192
 Hélade, 11-13, 58
 Hera, 39, 140
 Heráclito, 141, 145
 Heráklés, hijo de Alejandro Magno, 19
 Heraklides Pontikós, 79, 202
 Herculaneum, 65

- Hermarco (*Hérmarkhos*) de Mitilene, 62, 64
 Herófilo de Calcedonia (*Hērōphilos Khalkēdōnios*), 170-172
Anatomiká, 170
 Hieron II, 185, 187, 190
 Hilbert, David, 180
Grundlagen der Geometrie, 180
 Himalaya, 205
 Hindu Kush, 205
 Hiparco (*Hípparkhos*), 12, 203, 206, 207-215,
*Contra la geografía de Eratóste-
 nes*, 206
 Hippias, 155
 Homero, 143, 168, 205
 Húmeros, 23

 Idomeneo de Lámpsaco, 64
Iliada, 18
 Imperio Persa, 16, 29-31, 208
 Imperio Romano, 11, 12, 168, 215
 imperturbabilidad, impasibilidad
 (*apátbeia*), 149
 implicación (*synártēsis*), 130-131
 impulso (*hormē*), 138
 India, 18, 29, 32, 33, 42, 57, 59, 155,
 210
 Indo, 17
 inexistente, lo (*tò me ón*), 74, 128
 intervalos (*diastēmata*), 74-76
 investigar (*iheroein*), 91, 167, 192,
 194
 Ipiros, 26, 27, 145
 Ipsos, batalla de, 22
 Irán, 17, 23
 Isis, 40
 Issos, batalla de, 16
 Italia, 45

Januká, fiesta del, 36
 Jardín (*Kēpos*), 47, 48, 50, 62, 63,
 109, 167, 170
 jefe (*hēgemēn*), 62
- jefe militar con plenos poderes
 (*strategós autokrator*), 15
 Jerjes (*Hsbayarsha*), 16
 Jerusalén, 34-37
 Jonatán, 36
 Josué (Iasón) hermano de Onías
 III, 35
 Judas Macabeo, 35-36
 Judea, 34-37, 44
 Julio César, 40, 168

 Kalímakhos, 52
 Kálippos, 145
 Kalkhedón, 156
 Kéōs, isla, 171
 Kepler, 196
 Khaironia, 15
 Kilikia, 39, 121
 Kition, 120
 Kolofón, 61,
 Konon de Samos, 196
 Krantor, 159
 Krates de Tebas, 59, 146, 159
 Kráteros, general, 20
 Kynóskefalai, batalla de, 27
 Kyzikos, 62

La Hélade, 13
 lágidas, dinastía, 23, 31, 38-41, 166
 Lagos, padre de Ptolemeo I, 38
 Lamía, 24
 Lámpsaco, 14, 62
 Laodike, 31
 Leibniz, 144
 Leontion, 63, 109
 Lesbos, 14, 39, 62, 121
 Leucipo (*Lēukippos*), 61, 74, 83,
 96
 Levante (Israel y Líbano), 33, 34,
 39, 40
 libertad de la voluntad, 68, 97-99
 Liceo (*Lýkeion*), 29, 47, 48, 60-62,
 166, 198
 Liga Aquea, 27, 29, 120

- Liga de Corinto, 15, 16
 Liga de Etolia, 26, 27
 Lisímaco (*Lysímakhos*), 19-22, 36,
 39
 lógica megárica, 50-55, 123, 147
 lógica y semántica estoica, 122,
 123-129, 135
lógos (ley universal), 124, 136, 138,
 142, 152
 logos espermáticos (*lógoi sperma-
 tikoí*), 128
 Lucrecio, 65, 108
De Rerum Natura, 108
 Lucullus, 29
 Luna, 79, 95, 137, 185, 186, 197,
 199-201, 213, 214

 Macedonia, 14, 15, 19-23, 24-28,
 39, 44, 120
 Mar Negro, 14, 56
 Marco Aurelio, 152, 153
 Matatías, 35
 matemática helenística, 173-197,
 207
 Maurya, dinastía, 32, 33
 Mediterráneo oriental, 11, 12, 23,
 37, 39, 43, 44, 45, 165
 Megasthenes, 32
 Menélaos, 35
 Menfis, 38
 mente (*diánoia*), 81, 84, 85, 86, 88,
 89-91, 97, 98, 99, 100, 103, 104,
 105, 108, 115, 116, 118, 128,
 141, 158, 159, 161, 184, 209
 Mercurio, 202
 Meroe, 205
 Mesopotamia, 17, 23, 33
 Metródoros, 62-64, 86
 Miletos, 31
 Mitilene, 62, 64
 Mitrídates VI «el nuevo Dionisio»,
 28, 29, 37, 44
 mundo (*kósmos*), 79
 Mummius, 28

 Museo (*Mouseion*) de Alejandría,
 12, 25, 38, 165-172, 174
 Museo de Nápoles, 214
 Mys, 64

 Nausifanes de Teos, 61, 66
 Neléus, 49, 50
 Newton, 187, 196
 Nicea (*Nikaia*), 207
 Nilo, 14, 21, 37
 No (*oukbtí*), 129
 Nueva Academia, 48, 160

 objetos
 observables de cerca (*pródēa*),
 94
 remotos/difícilmente observables
 (*ádēla*), 94, 95
 Octavio, 40
 Olimpia (*Olympiás*), madre de
 Alejandro Magno, 19, 21, 25
 Olimpia, 29
 Onías III, sumo sacerdote, 34-35
 opiniones, 85-89
 Orontes, 32

 Osiris, 41
 Pakistán, 17
 Pámfilos, 60
 Parménides, 68
 parte dominante (*hēgemonikón*),
 81
 Partia, 31, 33, 36
 Pasargada, 17
 Pataliputra, 32
 Patroclo (*Pátroklos*), 18
 Pela, 25, 26
 Peloponeso, 27, 155, 156
 Pensamientos posteriores (*epínoiai*),
 86-87
 Perdikkas, 20, 21, 37
 Perga (*Pérgē*), 195
 Pérgamo, 14, 27, 36, 44, 169, 195
Perípatos (paseo), véase Liceo

- perro (*kyōn*), 56, 57, 59
 Perseo, 27
 Perseo de Kitión, 120
 Persépolis, 14, 17, 43
 Persis, 33
 Philetairros, 36
 Pidna, batalla de, 27, 44, 45
 Píndaro, 143
 Pireo, 24, 29
 Pirro (*Pýrros*), 26
 Pirrón (*Pýrrōn*) de Elis, 154-156,
 158, 160, 170
 Pitágoras, 180-181
 Pitane, 159
 placer (*hēdonē*), 56, 59, 81, 82, 90,
 92, 93, 99-106, 107, 109, 110-
 114, 116-118, 149, 154, 158
 cinético (*en kinēsei*), 100-102,
 107, 116
 estático (*katatēmatikē*), 100-102,
 106, 107, 116, 117
 mixto, 101
 pleno, 106, 110
 puro, 101-102
 Platón, 47, 48, 50, 51, 56, 58, 62,
 65, 79, 101, 110, 112, 123, 135,
 145, 147, 155, 159, 160
Filebo, 101
Parménides, 160
República, 56
Timeo, 145
 Plutarco, 65, 168, 186
 pneuma (*pneūma*), 80, 138-140,
 171
 Polemón, 159
 Polibio, 186
 Pompeyo, 37
 Pontikós, 79, 202
 Pontos, 28, 31, 37, 44
 pórtico (*stoà*), 59
 pintado (*stoà poikíle*), 120, 146
 Posidón, 140
 postulados (*aitemata*), 175-177,
 180, 189, 194
 predicado (*katēgōrēma*), 126-127
 presentaciones, véase representa-
 ciones
 primer ministro (*diokétes*), 41
 principio activo (*to poioûn*), 136,
 138, 148
 principio pasivo (*to páskebon*), 136
 principio de la no-refutación (*ouk
 antimartýrēsis*), 95
 proposición de problemas o teore-
 mas (*prótasis*), 164
 proposiciones (*axiōmata*), 126-132,
 178, 199
 compuestas o moleculares (*oukb
 haploûn*), 126
 simples o atómicas (*haploûn*),
 126
 Protágoras de Abdera (*Prōtagōras
 Abdērītēs*), 143
 Ptolemaís, 41
 Ptolemeo de Alejandría, 197, 203,
 207-209, 212-215
Almagesto, 207, 212
 Ptolemeo (*Ptolemaïos*) I Soter, 19-
 23, 30, 37-39, 166, 174
 Ptolemeo II Filádelfos, 22, 23, 25,
 38, 39, 42, 166,
 Ptolemeo III Euergetes (el bene-
 factor), 39, 121, 195, 204
 Ptolemeo IV Filopátor (que ama al
 padre), 39, 195
 Ptolemeo VI, 31
 Ptolemeo Keraunós (el rayo), 22,
 25, 39
 Ptolemeos, 28, 37-43
 Purificación (*kátharsis*), 142
 quilo (*kbylós*), 171
 raza (*éthos*), 118
 razonamiento/cálculo (*logismós*),
 87
 reconocimiento (*katálēpsis*), 128,
 161

- representaciones (*phantasíai*), 83,
 84, 87, 125, 126, 128, 161-163
 reconocibles (*katalēptikēi phan-
 tasíai*), 128-129, 160, 162, 163
 Rodas (*Rhodos*), 14, 27, 45, 46,
 205, 207
 Roma, 11, 27-29, 32, 34, 36, 37, 40,
 44, 45, 122, 161, 162, 172,
 Rousseau, J. J., 58
 Roxana, princesa bactriana, 18, 19
 Russell, Bertrand, 175
 Salamís, 21
 Samos, 39, 60, 61, 145, 193, 196,
 198, 211, 212
 Seleucia (*Selēukeia*), 14, 28, 32, 33,
 121, 161
 seleúcidas, dinastía, 23, 29-37, 38-
 40, 208
 Seleuco (*Séleukos*) I Nikator (el
 vencedor), 21, 22, 25, 30, 32
 Seleuco IV, 34
 Séneca, 65
 sensación (*aisthēsis*), 74, 75, 77, 78,
 80-89, 90-96, 105
 inarticulada (*álogos*), 87
 sentimientos (*páthē*), 81, 82, 90,
 92, 93
 Serapeum, 167, 168
 Serapis, 41, 167
 Sexto Empírico, 124, 133, 162
 Sfaïros, 121
 Sicilia, 22, 46, 186
 significado (*lektón*), 124-127, 136,
 175
 signo/significante (*sēmainon*), 13,
 124, 127, 128
 objeto/cosa a que se refiere
 (*pragma/tynkebánon*), 124, 127
 Sila (*Sulla*), 29
 silencio (*aphasía*), 157-159
 Simón, 36
 simulacros (*eidola*), 83, 84, 85, 88,
 89, 90, 116
 sino (*heimarménē*), 143
 Sinope, 56, 58
 Siracusa, 22, 185, 186, 187
 Siria, 23, 37, 38
 sistemas (*systemata*), 76, 116, 123
 Siwa, oasis de, 18, 21, 38
 Skepsis, 29, 49, 50
 Smyrna, 31
 Sócrates, 47, 50, 55, 142, 160, 161
 sofistas desnudos (*gimnosophístai*),
 57-59, 155
 Sol, 79, 80, 88, 137, 185, 186, 198-
 203, 206, 211-214
 Soloi, 121
 sonido (*fōnē*), 127
 Spéusippos, 48
 Spitamenes, 30
 Stoa, 47, 50, 120, 122, 162
 sucesores (*diádokhoi*) de Alejan-
 dro Magno, 20, 22, 23, 37
 sujeto (*ptēsis*), 126, 127
 Susa, 14, 17, 18, 30, 43
 Syene (Aswan), 206, 207
 Tarski, 51
 Tauros, montes, 34
 Tebas, 15-17
 Teeteto (*Theaitetos*), 173, 183
 tensión (*tónos*), 108, 138
 Teodosio, 168
 Teófilo de Alejandría, 168
 Teofrasto, 25, 49, 50, 61, 63, 139,
 145, 159, 166, 171
 teoría de la verosimilitud o proba-
 bilidad (*tò pithánōn*), 163
 Tesalia, 26
 Tierra, 75, 79, 118, 137, 145, 188,
 199-203, 206, 207, 210, 211,
 213, 214
 Tigris, 14, 32
 Timócaris (*Timókbaris*), 208, 212
 Timón (*Timōn*) Flisios, 156-159
Silloi, 156
 Tiro (*Tyros*), (*Sbur*), 14, 17

Índice analítico

- Tito Livio, 186
 Tito Quinctius Flamininus, 28
 Torricelli, 187
 Tracia, 20, 21, 22, 26, 33, 39, 55
 tranquilidad anímica/ paz (*ataraxía*),
 100, 101, 157, 159
 Tróade, 49
 Trópico de Cáncer, 206
 Troya, 18
 Turquestán, 17
- UNESCO, 169
 universo, 66-67, 68-69, 72, 73, 74,
 75-80, 118, 136, 137-139, 142-
 145, 147, 148, 150, 154, 193,
 203
 animado (*émpsykhon*), 137
 estoico, 137
 racional (*logikón*), 137
 Uruk, 208
- vacío (*kenón*), 68, 69, 71, 73-75,
 76, 78, 87, 90, 94-96, 116, 125,
 136, 137, 171
 Venus, 202
 virtud, 56, 57, 137, 149-151, 158,
 160
 visiones/alucinaciones (*phantásmata*),
 88-89
- Xenokrates, 48, 60
- Zarathustra, 145
 Zenón de Kition, 47, 50, 120, 122,
 123, 146, 160
 Zenón de Tarso, 121
 Zeus, 39, 41, 101, 121, 136, 140,
 144, 148
 Altar de, 202
 Zeus-Yahveh, templo de, 3
 Zodíaco, 208, 212