

**NEAR-EARTH OBJECTS: FINDING THEM BEFORE THEY FIND US**

Por Donald K. Yeomans. Princeton University Press; Princeton, Nueva Jersey, 2013.

**Objetos próximos a la Tierra**

*Claves sobre el origen del sistema solar y de la vida*

Alo largo y ancho del sistema solar pululan sin cesar asteroides, cometas y meteoroides. Sus trayectorias no se cruzan muy a menudo con la de la Tierra, debido a las inmensas distancias que nos separan y a su tamaño relativo. Sin embargo, de vez en cuando pueden darse las condiciones para un encontronazo, tal como ha ocurrido últimamente en más de una ocasión.

Es el caso del asteroide 2012 DA14, de unos 30 metros de diámetro, y cuya trayectoria se acercó considerablemente a la de la Tierra, pasando a tan solo 28.000 kilómetros de su superficie. El pasado 15 de febrero muchos telescopios observaban con atención el avance de dicho cuerpo celeste hacia nosotros; por supuesto, este no debía impactar con nuestro planeta, pero su cercanía lo hizo interesante a ojos de la ciencia. La sorpresa fue general al llegar noticias desde la Rusia siberiana, tan solo unas horas antes de tan esperado suceso, sobre la caída de un meteorito y los asombrosos daños que había causado la onda expansiva de la explosión que aconteció cuando el objeto celeste impactó con la atmósfera. En un principio, se pensó que un pedazo de roca se había desprendido del asteroide 2012 DA14, causando tal evento. Sin embargo, estudios de trayectorias realizados instantes después revelaron que los dos objetos no guardaban relación alguna entre sí, ya que provenían de lugares distintos del sistema solar.

Una de las preguntas que se generó a raíz del espectacular suceso ocurrido en cielo ruso fue por qué no se había detectado un objeto capaz de infligir tanto

daño a pequeña escala. La respuesta a esta cuestión está directamente ligada a la capacidad de resolución de los telescopios actuales: todavía no es posible detectar objetos celestes tan pequeños antes de que se encuentren a una distancia muy reducida de la superficie de la Tierra, y más aún si el suceso se produce en la cara diurna de la misma, mostrando un meteoroides oscuro. Debe tenerse en cuenta que los eventos de este tipo se producen con una frecuencia muy baja (alrededor de uno cada 100 años), si bien es común que circulen asteroides cerca de nuestro planeta.

Tan solo unas semanas después del doble suceso volvió a ser noticia otro objeto que se había acercado a la Tierra, aunque en esta ocasión pasó más allá de la Luna, a unos 150.000 kilómetros de nosotros. Con todo, este tipo de fenómenos no acostumbra a salir en los medios ya que son extremadamente comunes.

Entonces, ¿por qué últimamente se ha hablado tanto de asteroides y meteoroides y sus posibles impactos en la superficie terrestre? Pues simplemente porque ahora hay muchos ojos mirando y se detectan eventos que hace décadas era impensable observar. Desde el Centro de Objetos Cercanos a la Tierra del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la NASA se está constantemente alerta de posibles peligros de origen extraterrestre. Científicos de este centro observan en todo momento el firmamento, descubriendo objetos celestes y monitorizando sus trayectorias. De todo esto habla de forma muy clara y didáctica Donald

K. Yeomans, investigador del JPL, en su libro *Near-Earth objects: Finding them before they find us*.

Es importante mencionar, también, que los objetos extraterrestres han sido objeto de estudio desde que se tiene constancia de ellos, debido a las pistas que transportan sobre el origen del sistema solar en el que vivimos y también sobre el origen de la vida misma. Nuestro entorno celeste se formó en una nube protoestelar, el colapso de la cual dio lugar a nuestra estrella, el Sol, en su centro y a un reguero de planetas y planetoides de distintos tamaños entre los cuales se encuentra la Tierra. Indicios sobre este proceso son los que se pueden encontrar en los materiales de los que están compuestas las rocas provenientes del espacio.

Esos objetos extraterrestres pueden ayudarnos también a entender el origen de la vida. Numerosas teorías científicas nos hablan de que tal vez esta se habría originado fuera de nuestro planeta y que los impactos de asteroides con la Tierra podrían haber transportado hasta aquí parte del caldo cósmico que dio lugar a la vida tal como la conocemos hoy.

El libro empieza contando la experiencia de una chica californiana que, yendo en coche, se cruzó en el camino de un meteorito. Este le destrozó el vehículo, pero ella pudo resarcirse gracias a la venta de los pedazos de meteorito por una suma muy importante. A partir de ahí, Yeomans expone de forma clara y precisa el interés que suscitan los meteoritos para entender de dónde venimos.

Se trata de una publicación apta para expertos y perfectamente entendible para no expertos. Si bien la narración es neutra y sin carga emotiva, el conjunto resulta de interés para estudiantes de la materia porque ilustra de forma sencilla el origen, la composición y el interés que genera este tipo de objetos. Asimismo, los capítulos presentan una estructura de notable interés didáctico: cada uno cierra con un breve sumario de todo lo expuesto en él, permitiendo al lector recordar las ideas más importantes.

El libro finaliza mencionando cada uno de los impactos de meteoritos de tamaño considerable que se han producido en la Tierra y las consecuencias de los mismos. Sin duda, una obra interesante para los amantes de la astronomía y para todo aquel que quiera saber más sobre objetos cercanos a la Tierra.

—Anna Artigas  
Universidad Autónoma de Barcelona



### SENECA E LE SCIENZE NATURALI

Dirigido por Marco Beretta, Francesco Citti y Lucia Pasetti. Leo S. Olschki editore; Florencia, 2012.

## Ciencia hispanorromana

*La física estoica de Séneca*

Lucio Anneo Séneca (4 a.C.-65 d.C.), famoso por su compromiso con la filosofía estoica, volvió al final de su vida al cultivo de la ciencia que le había apasionado en su juventud. Su obra clave, *Naturales quaestiones*, revisa en un latín depurado y austero el estado de la física griega e introduce puntos de vista propios que funda en la observación de los fenómenos. Desde 1977, los castellanohablantes disfrutaron de una edición bilingüe de ese libro capital de la historia de la ciencia, publicada por Carmen Codoñer en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

No caeremos en anacronismo si situamos las *Naturales quaestiones* entre las obras iniciales de la ciencia hispanorromana, precursora de la visigótica. Esa conciencia de procedencia española se tenía ya en el alba de la era cristiana. Realidad que una mente lúcida y equilibrada, así la de Séneca, compagina con el sinsentido de las barreras políticas: «*O quam ridiculi sunt mortalium termini! Ultra Istrum Dacis non exeat imperium, Haemo Traces includat; Parthis obstet Euphrates; Danuvius Sarmatica ac Romana disterminet; Rhenus Germaniae modum faciat; Pyrenaeus medium inter Gallias et Hispanias iugum extollat; Inter Aegyptum et Aethiopas harenarum inculta vastitas iaceat*». («¡Ah, cuán ridículas son las fronteras de los mortales! Que el poder de los dacios no sobrepase el Híster; que el Hemón confine a los tracios; que ante los partos se levante el Eúfrates; que el Danubio delimite el territorio sármata y el romano; que el Rin ponga freno a Germania; que el Pirineo levante sus cumbres entre las Galias e Hispania; que un inmenso arenal yermo se extienda entre Egipto y Etiopía.») Una Hispania que considera el punto de refe-

rencia del occidente de la Tierra: «*Quantum est enim quod ab ultimis litoribus Hispaniae usque ad Indos iacet?*» («¿Qué espacio es el que separa el más distante litoral de Hispania de las Indias?»)

Cuestión casi siempre espinosa en los libros anteriores a la imprenta es el de su fecha exacta de composición. Pero aquí disponemos de datos objetivos y subjetivos que acotan el momento con suficiente precisión. A los primeros pertenece la referencia al terremoto de Campania, cuando Séneca ha abandonado la vida política. Por lo que concierne a los datos subjetivos, reseñemos las alusiones constantes a la vejez y la dedicatoria de la obra a Lucilius Iunior. Se ha escrito que el estilo de Séneca es «dramático», atormentado, que refleja un alma en guerra consigo misma. No solo se predica de las partes filosófico-morales de las *Naturales quaestiones* (sobre todo proemios y epílogos), sino también de las partes más estrictamente técnicas. El texto, complejo y abierto a muchos niveles de lectura. Por otro lado, cualquier discusión sobre la originalidad de Séneca queda inevitablemente cuestionada, condicionada por el hecho de que las obras de sus predecesores se han perdido.

Las *Naturales quaestiones* constan de ocho libros, dos de ellos incompletos, el 4a y 4b. Se percibe una clara afinidad entre el libro I (*De ignibus coelestibus*) y el II (*De fulminibus et tonitruis*), basada en el carácter ígneo de ambos fenómenos. En efecto, el formato básico de las *Naturales quaestiones* es una serie de estudios sobre fenómenos particulares o cúmulos de fenómenos (ríos en el libro 3, el Nilo en el libro 4a y precipitaciones atmosféricas en el 4b). En las *Naturales* senequistas, como en cualquier otro texto de la Antigüedad

clásica sobre la naturaleza de las cosas, ocupan un lugar central los cuatro elementos primordiales, que indicó Empédocles y codificó Aristóteles: agua, tierra, fuego y aire.

El trabajo bascula en torno a un común denominador: el universo, creación de la divinidad, y fenómenos con él relacionados. Moralista a la postre, entiende que ese conocimiento debe repercutir en una vida más acorde con la naturaleza humana. Vuelve una y otra vez sobre la física griega. Pero resalta la importancia de abordar los problemas y resolverlos por uno mismo y aceptar las explicaciones ajenas cuando vienen avaladas por pruebas, no por una autoridad. Séneca nunca percibió la diferencia entre ciencia y filosofía. Para él la verdad científica se establecía por argumentación más que por experiencia. Las leyes naturales regulaban incluso el curso de fenómenos invisibles a nuestros ojos, a la manera de cuanto sucedía en meteorología y en astronomía. Son frecuentes sus referencias a las leyes naturales y a su estatuto epistemológico. Comparte ese enfoque con Lucrecio, al que probablemente estudió. Uno y otro se sirven de la observación de la naturaleza para emancipar al hombre de la superstición.

Revela una fe incondicional en el poder, regulado por leyes inmutables, de la providencia, una providencia que manifiesta la propia voluntad a través de fenómenos aparentemente irregulares, como los cometas que, justamente por su excepcionalidad, preanuncian lo que sucederá en el futuro. Niega que se originaran de la conjunción de planetas. Y para explicar el significado premonitor de los cometas, Séneca, polemizando con Aristóteles, defendía que ellos preanunciaban acontecimientos no demasiado inminentes en el tiempo, como el viento o las lluvias. Por consiguiente, al igual que otros fenómenos astronómicos, deberían considerarse dentro de una investigación más amplia del universo.

Pormenorizando, el libro segundo, completo y el más largo, se estructura en una exposición introductoria de las ramas de la ciencia física: astronomía, meteorología y ciencias de la tierra (*caelestia, sublimia, terrena*). Esta triple división constituye la clave programática de la obra entera. Se detiene en las propiedades del aire (*spiritus = pneuma*), entendido como parte del mundo y como materia elemental componente. Analiza la tensión del aire, su composición y el movimiento.

Tales conceptos era obligado esclarecer antes de abordar la naturaleza del trueno, el rayo y el relámpago. De estos se ocupa la primera sección científica del libro segundo, donde encontramos una documentada exposición de las teorías que le precedieron. Entre esta primera sección y una segunda sección científica encontramos un apartado central consagrado a la adivinación a través del rayo.

Séneca habla en diversas ocasiones de la transformación de unos elementos en otros. Por ejemplo, de la transformación del aire en fuego; del aire en agua, hielo y nieve. La teoría de la transformación de los elementos expuesta por Aristóteles en el *De generatione et corruptione*, fue retomada con algunas variantes por el veteroestoicismo. Pero en particular volvemos a encontrarla en dos textos que a buen seguro tenía Séneca: el *De natura deorum*, de Cicerón, y las *Metamorfosis*, de Ovidio.

En el libro tercero, *De aquis terrestribus*, se concentran las referencias más abundantes a los elementos y su transformación. En particular insiste en la teoría mudable del elemento tierra. El agua, al ser un elemento, no puede agotarse ni tener un origen distinto del cosmos, del que constituye la cuarta parte. Sostiene la cooperación entre los cuatro elementos. Su desequilibrio cósmico llevaría al caos.

El interés de Séneca por el Nilo se manifiesta ya en la edad juvenil, período en que compuso *De situ et sacris Aegyptiorum*. En particular, la atención prestada a las características del Nilo —y sobre todo a sus avenidas, fenómeno estrechamente conexo con la fecundidad del valle nilótico entero— resulta fácilmente comprensible si se considera la importancia de las

posiciones hacendísticas que el cordobés tenía en Egipto, de cuya existencia dan fe papiros documentales. El enigma de sus avenidas, que llenaron de estupor a los pueblos del Mediterráneo, acostumbrados a ver mermado su curso de agua durante los meses estivales, solo quedó resuelto en el siglo XIX, cuando se descubrió la doble fuente del río: el Nilo Blanco y el Nilo Azul. El Nilo Blanco nace en los altiplanos ecuatoriales dominados por el lago Victoria, está alimentado por lluvias intensas que caen en el curso del todo el año. El Nilo Azul, por su parte, se origina en el lago Tana, en terreno etíope, que registra abundantes lluvias durante los meses estivales. Las avenidas son producidas, pues, por el Nilo Azul y el afluente Abbara y solo en mínima parte por el Nilo Blanco.

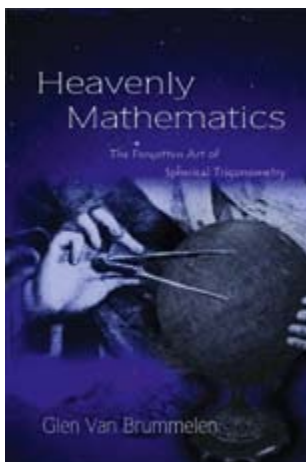
El libro VI de las *Naturales quaestiones* es un tratado sobre los terremotos, una materia de estudio apasionante a la que Séneca vuelve, tras haber escrito un libro en su mocedad. Durante su exilio en Córcega, apartado de toda vida pública, consuela a su madre Elvira y la invita a considerar feliz y activo a su hijo, ya que, privado de compromisos, puede dedicarse al conocimiento de sí mismo y de la naturaleza, la única ocupación digna del hombre: «*Qualem me cogites accipe: laetum et alacrem velut optimis rebus. Sunt enim optima, quoniam animus omnis occupationis expers operibus suis vacat et modo se levioribus studiis oblectat, modo ad considerandum suam univesique naturam veri avidus insurgit*». («Debes pensarme así: con alegría y euforia, como si las cosas fueran bien. Y en verdad así van, porque el ánimo, liberado de toda preocupación, se dedica a las funciones propias y se entrega a estudios más ligeros o, ávido

de severidad, se eleva para contemplar su naturaleza y la del universo.»)

La argumentación nace de la observación empírica del fenómeno, con el recuerdo del seísmo reciente que ha afectado a la Campania en el año 62 o 63. La descripción de los aspectos devastadores de esta catástrofe constituye el punto de arranque de un tratado científico que indague las causas naturales del terremoto y tenga por finalidad liberar al hombre del miedo que le sobrecoge en el momento en que descubre la inestabilidad de la tierra. Examina las teorías que van atribuyendo la causa de los seísmos sucesivamente a cada uno de los cuatro elementos: agua, etcétera. Séneca se adhiere a la tesis del aire. El conocimiento racional del fenómeno y de sus causas son objeto de la ciencia; muestra que los hechos no tienen nada de sorprendentes; son acontecimientos naturales, normales. Se cierra el capítulo con una larga reflexión sobre el miedo a la muerte, que envilece al hombre.

Resulta apenas conocido que en el siglo de la revolución científica, las *Naturales quaestiones* merecieron la atención de los protagonistas. A ellas se recurre para la exposición del método científico. Francesco Buonamici (1533-1603), profesor de Galileo en Pisa, las parafrasea para ilustrar el fenómeno del impulso hidrostático. Hasta en tres ocasiones cita Galileo a Séneca en la confrontación del sistema geocéntrico y el heliocéntrico. Se supone que el libro V de las *Naturales* fue una de las fuentes antiguas que leyó Evangelista Torricelli. Y en ellas se inspira Robert Boyle en *A free enquiry into the vulgarly received notion of nature*.

— Luis Alonso



### HEAVENLY MATHEMATICS. THE FORGOTTEN ART OF SPHERICAL TRIGONOMETRY

Por Glen van Brummelen. Princeton University Press; Princeton 2013.

## Trigonometría esférica

*Indispensable ayer, hoy disciplina en riesgo de extinción*

La trigonometría esférica es la aplicación de los métodos de la trigonometría al estudio de ángulos, lados y áreas de triángulos esféricos y otros polígonos. Un triángulo esférico es un triángulo construido sobre una esfera, con tres vértices y tres lados que son arcos de círculo máximo. Los ángulos de un triángulo esférico no suman 180 grados. De hecho, la suma puede hallarse entre 180 y 540 grados. Considérese, por ejemplo, un triángulo esférico con un vértice en el Polo Norte y los otros dos vértices en el ecuador de la Tierra. La resolución de triángulos esféricos adquiere particular importancia en astronomía y navegación para

determinar la posición de un buque en mar abierto mediante la observación de los astros.

A lo largo de los siglos, con sus funciones fundamentales (seno, coseno, tangente, cotangente, secante y cosecante), la disciplina constituyó el nervio de la educación matemática. Fue materia troncal en las escuelas superiores hasta los años cincuenta de la postrera centuria. Hoy apenas si se enseña. Se trata de una especie en extinción, cuya rica historia y persistente apogeo traza *Heavenly mathematics*. La Grecia clásica, el Islam medieval y el Occidente moderno utilizaron la trigonometría esférica para cartografiar el firmamento y la Tierra, como demuestra y actualiza Glen van Brummelen, coordinador de matemática y de ciencias físicas en la Universidad Quest, presidente de la Sociedad Canadiense de Historia y Filosofía de la Ciencia y autor, entre otros textos afines, de *The mathematics of the heavens and the earth: The early history of trigonometry and Mathematics and the historian's craft*.

Los contenidos de los manuales de matemáticas han cambiado drásticamente. En la mente de todos está la revolución traída por el colectivo Nicolas Bourbaki. Sin llegar a esa radicalidad, y abrimos un tratado de hace un siglo, reconoceremos temas que nos serán familiares, pero otros nos resultarán desconocidos o, cuando menos, desconcertantes. Un texto avanzado de geometría analítica, por ejemplo, contenía involutas de círculos, hipocicloides y círculos auxiliares de las elipses, cuestiones del todo ajenas al alumno de nuestros días. Pero será la trigonometría esférica el ejemplo más espectacular de cambios en el aula de matemática del siglo xx. Todavía en el primer tercio, las ediciones de los *Elementos* de Euclides ideadas para el aula contenían apéndices obligados sobre trigonometría. Durante la Segunda Guerra Mundial, la popularidad de la trigonometría esférica persistió. Ocupaba un puesto destacado en la enseñanza y en la praxis naval y militar. Mas, poco a poco, fue relegándose hasta desaparecer de unos textos centrados ya de manera exclusiva en la trigonometría plana. Una pérdida que resulta particularmente sorprendente en unos momentos en que se están descubriendo nuevas aplicaciones. Algunas de las fórmulas del GPS se han construido sobre la misma. Ahora, muy pocos manuales, por ejemplo, se preguntan por qué  $\sin(\alpha + \beta) = \sin\alpha \cdot \cos\beta +$

$\cos\alpha \cdot \sin\beta$ . Pero eso es culpa de los manuales, no del tema.

Parece obvio que no podamos determinar las dimensiones de la Tierra midiéndola directamente y haya que recurrir a aproximaciones indirectas. La historia recoge uno de los primeros y más ingeniosos métodos, el de Eratóstenes de Cirene, astrónomo griego del siglo III antes de Cristo; se servía de la observación de la penetración de la luz solar en pozos de distintas localidades. Hiparco de Rodas, del siglo II a.C., natural de Bitinia, conocía los movimientos del firmamento. También los astrónomos babilonios que le precedieron. Pero Hiparco abrió un nuevo surco cuando examinó el movimiento del Sol. Hoy sabemos que el Sol viaja a lo largo de la eclíptica. Para averiguar cuánto se movía el astro de su centro, Hiparco inventó la función de la cuerda (que más tarde, en la India, se cambió en función seno) y, por tanto, fundó la ciencia de la trigonometría. Una vez convirtió Hiparco la longitud del día estacional en grados, todo lo que necesitaba para hallar la distancia de la Tierra al centro eran un par de longitudes de cuerda y geometría elemental. Fue la determinación de esa cantidad, la excentricidad de la órbita solar, lo que pudo haber sido el primer problema trigonométrico del mundo.

Una cosa es calcular el tamaño de la Tierra y otro aventurarse más allá de los límites de la Tierra y medir distancias, por ejemplo, de la Luna. Lo intentó Claudio Ptolomeo, científico alejandrino del siglo II d.C., quien llegó a un valor bastante aproximado. Ptolomeo calculó también la distancia al Sol, con mucha menor precisión. La clave está en la paralaje: el hecho de que dos observadores, situados en diferentes lugares, verán el mismo objeto en diferente posición con respecto al fondo distante. A Ptolomeo debemos también las primeras tablas trigonométricas. Su monumental *Colección matemática* contiene un conjunto notable de modelos sobre los movimientos de los cuerpos celestes. Situó la Tierra en el centro del universo (geocentrismo), una teoría que condicionó la astronomía a lo largo de un milenio y medio. Se tradujo al árabe con el título *Kitab al-majisti*, el *Almagesto*. El primero de esos libros contiene una descripción de cómo se puede construir una tabla trigonométrica con pluma y papel. (Ptolomeo empleó otra función, la cuerda.)

La revolución en la trigonometría geométrica llegó con la ilustración is-

lámica en torno al primer milenio. Abu Sahl al-Kuhi vivió en Bagdad durante las últimas décadas del siglo X. Interesado en la astronomía, su estilo recordaba el de Euclides, Arquímedes y Apolonio. Considerado hoy el geómetra más importante del siglo X, también se le recuerda por un error desafortunado; al fiar demasiado en una analogía geométrica que había descubierto entre ciertas formas en su obra sobre centros de gravedad extrajo la conclusión de que  $\pi = 3 \frac{1}{9}$ . Abu Nasr Mansur ibn Ali ibn Iraq descubrió el triángulo polar. En el *Libro del azimuth* Abu Nasr propuso la regla de las cuatro cantidades, el primer ejemplo del principio de localidad. Imaginémosnos un triángulo esférico cuyo tamaño se va encogiendo hasta que está a punto de desaparecer. A medida que va empequeñeciéndose comienza a parecerse a un triángulo plano. Por consiguiente, cualquier enunciado sobre un triángulo esférico, aplicado a un triángulo que se va encogiendo hasta casi desaparecer, se convierte en un enunciado sobre un triángulo plano. La regla de las cuatro cantidades está relacionada con un teorema mucho más conocido hoy, la ley esférica de los senos.

Discípulo de Nasr Mansur fue Abu al-Rayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni (973-1050), quien escribió tratados sobre todas las ciencias conocidas de su tiempo: mecánica, medicina y mineralogía, además de matemáticas y astronomía. Su *Kitab Tahdid al-Amakin* (*Libro sobre la determinación de las coordenadas de las ciudades*) se inspiró originalmente en el problema de hallar la *qibla*, la referencia a La Meca, en cuya dirección los musulmanes deben rezar. El libro es una descripción exhaustiva de técnicas matemáticas para localizar ciudades en la superficie de la Tierra; utiliza métodos trigonométricos (regla de las cuatro cantidades y ley del seno). Fue, en efecto, una preocupación religiosa lo que hizo que los trigonómetros volvieran los ojos a la Tierra. La práctica del Islam obliga al fiel a cumplir cinco compromisos, llamados los Cinco Pilares. La astronomía no sirve de particular ayuda en tres de ellos (profesión de fe, obras de caridad y la *hajj*, o peregrinación a La Meca); pero en los dos restantes —ayuno durante las horas de luz solar en el mes del Ramadán y las cinco plegarias diarias— sí requerían asistencia técnica. Sea el ayuno mensual. El calendario árabe es lunar, de forma que cada mes comienza cuando reaparece el cuarto creciente detrás del Sol.

Si perdemos el creciente de un día particular, podríamos terminar violando las exigencias del ayuno. Las cinco plegarias están reguladas por la posición del Sol en el firmamento. Deben dirigir su mirada hacia la Kaaba, una construcción cúbica que aloja la Piedra Negra; es el destino de la peregrinación que los musulmanes deben realizar una vez en su vida. La dirección de la Kaaba —la *qibla*— cumple otras funciones además de la plegaria diaria. Incluye determinar la dirección en la que los difuntos musulmanes deben quedar expuestos. Para calcular la *qibla* deben conocerse la posición de La Meca y la del orante. Nació así una floreciente industria de creación de tablas de la *qibla* para cualquier localidad. Las mejores fueron las calculadas por Shama al-Din al-Khalili, astrónomo oficial de la mezquita omeya de Damasco.

Mucho antes de que se inventaran los logaritmos o se crearan reglas de cálculo, los cálculos se hacían a mano. Pero incluso en la antigüedad hubo herramientas que facilitaban la tarea. Por ejemplo, la esfera armilar. Se trata de un modelo de esfera celeste que gira en el mismo sentido en que lo hace el

firmamento. Para el manejo de la esfera armilar, necesitamos una proyección de la esfera celeste en una superficie plana. Se intentaron varias proyecciones de la esfera. La más común fue la proyección estereográfica. En ella, los círculos de la esfera se transforman en círculos sobre un plano; y conserva los ángulos. Las proyecciones han constituido el corazón de la geometría y de la trigonometría durante siglos.

El conjunto más prodigioso de tablas trigonométricas a lo largo del siglo XVI, el *Opus palatinum*, fue compuesto por Georg Rheticus, uno de los primeros defensores del heliocentrismo de Copérnico; su método no difiere sustancialmente del empleado por Ptolomeo. Rheticus murió en 1574, antes de terminar su obra, aunque sí estaban acabadas las tablas, que fueron publicadas en 1596 por Lucius Valentinus Otho. Hay tablas de todas las funciones trigonométricas; en su forma modificada, persistieron hasta que fueron sustituidas en 1915.

Hubo otros intentos. Ciento cincuenta años antes de Rheticus, el astrónomo persa Jamshid al-Kashi había considerado el problema del seno 1º de una forma pro-

pia. Este maestro del cómputo, calculó el valor de  $\pi$  hasta el equivalente a 14 decimales.

Tardía fue, sin embargo, la introducción de la palabra «trigonometría», etimológicamente «medición de los triángulos». Empezó a emplearla Bartholomaeus Pitiscus, quien en 1600 publicó *Trigonometriae, sive de dimensione triangulorum libri quinque*. Hasta entonces se empleaba la expresión «ciencia de los triángulos». Más allá del término, en el siglo XVII John Napier (1550-1617) le dio un gran impulso con la invención de un procedimiento de extraordinario alcance; el descubrimiento de que los productos de potencias de diez los convertía en suma de exponentes ( $10^3 \times 10^4 = 10^7$ ) constituye el punto de arranque que le condujo a los logaritmos, descritos en su *Mirifici logarithmorum canonis descriptio* (1614). Tras un capítulo introductorio sobre definiciones básicas, el resto de la obra está dedicado a la ciencia de los triángulos en su variedad esférica. Para Pierre Simeon de Laplace el trabajo sobre los logaritmos, al abreviar la tarea, dobló la vida del astrónomo.

—Luis Alonso

# INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

## OFERTA DE SUSCRIPCIÓN

Reciba puntual y cómodamente los ejemplares en su domicilio

Suscríbase a *Investigación y Ciencia*...

- ▶ por **1 año** y consiga un **17% de descuento** sobre el precio de portada (**65 €** en lugar de 78 €)
- ▶ por **2 años** y obtenga un **23% de descuento** sobre el precio de portada (**120 €** en lugar de 156 €)
- ▶ **REGALO** de 2 ejemplares de la colección TEMAS a elegir.\*

Y además podrá acceder de forma gratuita a la versión digital de los números correspondientes a su período de suscripción.



Puede suscribirse mediante:

[www.investigacionyciencia.es](http://www.investigacionyciencia.es) ◀

Teléfono: 934 143 344 ◀

\* Consulte el catálogo. Precios para España.