

DRAKONTOS

# El prisma y el péndulo

Los diez  
experimentos  
más bellos  
de la ciencia

DX



Robert P. Crease

CRÍTICA

# EL PRISMA y el PÉNDULO

Los diez experimentos más bellos de la ciencia

Robert P. Crease

Traducción castellana de  
Joan Lluís Riera

**CRÍTICA**  
BARCELONA

Primera edición: julio de 2006  
Primera edición en esta nueva presentación: marzo de 2016

*El prisma y el péndulo*  
Robert P. Crease

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal)

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.  
Puede contactar con CEDRO a través de la web [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com) o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47

Título original: *The Prism and the Pendulum. The Ten Most Beautiful Experiments in Science*

© Robert P. Crease, 2003

© de la traducción, Joan Lluís Riera, 2006

© Editorial Planeta S. A., 2016  
Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)  
Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.

[editorial@ed-critica.es](mailto:editorial@ed-critica.es)  
[www.ed-critica.es](http://www.ed-critica.es)

ISBN: 978-84-9892-931-7  
Depósito legal: B. 2779 - 2016  
2016. Impreso y encuadernado en España por Book Print

---

●

# Índice

<i>Introducción: El momento de la transición</i> . . . . .	9
1. LA MEDIDA DEL MUNDO: ERATÓSTENES Y LA CIRCUNFERENCIA DE LA TIERRA . . . . .	21
<i>Interludio: Por qué es bella la ciencia</i> . . . . .	33
2. QUE CAIGA LA BOLA: LA LEYENDA DE LA TORRE INCLINADA	39
<i>Interludio: Experimentos y demostraciones</i> . . . . .	53
3. EL EXPERIMENTO ALFA: GALILEO Y EL PLANO INCLINADO .	59
<i>Interludio: La comparación entre Newton y Beethoven</i> . . . .	69
4. «EXPERIMENTUM CRUCIS»: NEWTON Y LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS RAYOS DE SOL CON PRISMAS . . . . .	75
<i>Interludio: ¿Destruye la ciencia la belleza?</i> . . . . .	91
5. EL PESO DEL MUNDO: EL AUSTERO EXPERIMENTO DE CAVENDISH. . . . .	97

<i>Interludio: Ciencia y cultura popular.</i> . . . . .	112
6. LUCES Y ONDAS: LA LÚCIDA ANALOGÍA DE YOUNG . . . . .	117
<i>Interludio: Ciencia y metáfora</i> . . . . .	129
7. VER CÓMO GIRA LA TIERRA: EL SUBLIME PÉNDULO DE FOU- CAULT . . . . .	135
<i>Interludio: La ciencia y lo sublime.</i> . . . . .	149
8. VER EL ELECTRÓN: EL EXPERIMENTO DE LA GOTA DE ACEITE DE MILLIKAN . . . . .	153
<i>Interludio: Percepción en la ciencia</i> . . . . .	170
9. EL AMANECER DE LA BELLEZA: RUTHERFORD Y EL DESCU- BRIMIENTO DEL NÚCLEO ATÓMICO . . . . .	175
<i>Interludio: El arte de hacer ciencia</i> . . . . .	189
10. EL ÚNICO MISTERIO: LA INTERFERENCIA CUÁNTICA DE ELEC- TRONES INDIVIDUALES . . . . .	195
<i>Interludio: Los subcampeones</i> . . . . .	209
<i>Conclusión. ¿Todavía puede ser bella la ciencia?</i> . . . . .	215
<i>Agradecimientos</i> . . . . .	221
<i>Notas</i> . . . . .	223
<i>Índice onomástico</i> . . . . .	245
<i>Índice de ilustraciones</i> . . . . .	249

## La medida del mundo

### Eratóstenes y la circunferencia de la Tierra

**E**n el siglo III a. C. un académico griego llamado Eratóstenes (c. 276- c. 195 a. C.) realizó la primera medición conocida del tamaño de la Tierra. Sus herramientas eran simples: la sombra proyectada por el indicador de un reloj de sol y una serie de mediciones y suposiciones. Pero la medición fue tan ingeniosa que sería citada con autoridad durante cientos de años. Y tan sencilla e instructiva que, casi 2.500 años más tarde, la reproducen cada año escolares de todo el mundo. Se basa en un principio tan elegante que al comprenderlo uno se siente impulsado a salir afuera y medir la longitud de una sombra.

El experimento de Eratóstenes combina dos ideas de enorme trascendencia. La primera era concebir el cosmos como un conjunto de objetos (la Tierra, el Sol, los planetas y las estrellas) dispuestos en el espacio corriente de tres dimensiones. Esto puede parecernos obvio hoy, pero no era una creencia común por aquel entonces. Una de las contribuciones de la Grecia clásica a la ciencia fue insistir en que tras la multitud de movimientos cambiantes del mundo y de la bóveda celeste se encuentra un orden impersonal e inmutable, una arquitectura cósmica que se puede describir y explicar con la ayuda de la geometría. La segunda idea consistía en realizar mediciones corrientes para comprender el ámbito y dimensiones de esta arquitectura cósmica. Al combinar estas dos concepciones, a Eratóstenes se le ocurrió la audaz idea de que las mismas técnicas que se aplicaban a la construcción de casas y puentes, a la ordenación de campos y carreteras y

a la predicción de las inundaciones y los monzones podían proporcionarnos información sobre las dimensiones de la Tierra y otros cuerpos celestes.

Eratóstenes partió de la suposición de que la Tierra era aproximadamente esférica. Aunque hoy suele creerse que Colón pretendía demostrar con su viaje que el mundo no era plano, muchos de los griegos antiguos que habían reflexionado sobre el cosmos ya habían llegado a la conclusión de que la Tierra no sólo tenía que ser esférica, sino que además tenía que ser diminuta en comparación con el resto del universo. Así lo creía Aristóteles, quien en su obra *Acerca del cielo*, escrita aproximadamente un siglo antes de Eratóstenes, proponía varios argumentos, algunos lógicos y otros empíricos, para explicar por qué la Tierra tenía que ser esférica. Aristóteles señalaba, por ejemplo, que durante los eclipses la sombra proyectada por la Tierra sobre la Luna siempre es curva, algo que sólo puede suceder si la Tierra es redonda. También se percató de que los viajeros ven estrellas distintas cuando van al norte o al sur (improbable si el mundo fuera plano), que ciertas estrellas visibles en Egipto y en Chipre no se ven en tierras más septentrionales mientras que otras estrellas que son siempre visibles en el norte, salen y se ponen en el sur, como si se vieran en la lejanía desde la superficie de un objeto redondo. «Esto no sólo indica que la masa de la Tierra es de forma esférica», escribió Aristóteles, «sino también que, en comparación con las estrellas, no es de gran tamaño.»<sup>1</sup>

Nunca faltó de recursos, el pensador presentaba también otros argumentos más creativos. Gracias a los relatos de viajeros extranjeros y expediciones militares sabía que los elefantes se hallaban en tierras distantes tanto al este (África) como al oeste (Asia). Por lo tanto, decía, estas tierras probablemente se encuentren unidas, una conjetura ingeniosa pero incorrecta. Otros filósofos griegos propusieron argumentos adicionales a favor de la forma esférica de la Tierra, entre ellos la diferencia en el momento de la salida y la puesta del Sol en distintos países o el hecho de que los barcos se pierden en el horizonte desde el casco hacia arriba.

Nada de esto, sin embargo, daba respuesta a una pregunta básica: ¿qué tamaño tiene esta Tierra redonda? ¿Acaso es posible llegar a co-

nocer su tamaño sin necesidad de enviar topógrafos a recorrer toda su circunferencia?

De los tiempos anteriores a Eratóstenes no nos han llegado más que estimaciones del tamaño de la Tierra. De la más antigua nos informa Aristóteles, según el cual «los matemáticos que intentan calcular la circunferencia de la Tierra llegan a la cifra de 400.000 estadios», pero no nos dice ni sus fuentes ni sus razonamientos.<sup>2</sup> Además, es imposible convertir esta cifra a unidades modernas con precisión. Un *estadio* corresponde a la longitud de un estadio de carreras griego, que variaba de una ciudad a otra. Con una estimación aproximada de la longitud del estadio, los investigadores actuales convierten la cifra que da Aristóteles en algo más de 64.000 kilómetros (el número real es de unos 40.000 kilómetros). Arquímedes, quien construyó modelos del cosmos en los que los cuerpos celestes rotaban unos alrededor de otros, propuso una estimación ligeramente menor que la de Aristóteles: 300.000 estadios, o algo más de 48.000 kilómetros. Pero tampoco él nos ha dejado pistas sobre sus fuentes o su razonamiento.

Aquí es donde entra Eratóstenes. Coetáneo de Arquímedes, aunque más joven, Eratóstenes nació en el norte de África y se educó en Atenas, llegando a ser erudito en muchas áreas, desde la crítica literaria y la poesía hasta la geografía y las matemáticas. No obstante, no era considerado un pensador de primer rango en ninguno de estos campos, lo que llevó a sus colegas a apodarlo, no sin sarcasmo, «Beta», la segunda letra del alfabeto griego, en referencia a que siempre se quedaba en segundo lugar. Pese a las burlas, su brillantez era tan renombrada que a mediados del siglo III a. C. el rey de Egipto lo invitó a que ejerciera de tutor de su hijo, y más tarde lo nombró director de la célebre biblioteca de Alejandría, la primera y mayor de las bibliotecas de su clase, que había sido establecida por la dinastía ptolemaica de Egipto como parte de sus planes para convertir a Alejandría en la capital cultural del mundo griego. La biblioteca se convirtió en un lugar de encuentro para estudiosos de todo el mundo y Alejandría se transformó en una importante encrucijada intelectual; albergó, por ejemplo, a Euclides y su escuela. En Alejandría, los bibliotecarios lograron acumular una amplísima colección de manuscritos sobre un gran abanico de temas, que cualquier persona con las credenciales



académicas apropiadas podía utilizar. (La biblioteca de Alejandría fue también, hasta donde sabemos, la primera que catalogó los manuscritos por orden alfabético de autor.)

Eratóstenes escribió dos libros de geografía que alcanzaron una especial importancia en el mundo antiguo. *Geographica*, en tres volúmenes, fue la primera obra que cartografió el mundo con la ayuda de paralelos (líneas paralelas al ecuador) y meridianos (líneas longitudinales que pasan por un punto dado y por los dos polos). Su *Medición del mundo* contiene la primera descripción conocida de un método para medir el tamaño de la Tierra. Por desgracia ambas obras se han perdido, de modo que nos vemos obligados a reconstruir los razonamientos de Eratóstenes a partir de los comentarios realizados por otros autores clásicos que lo conocieron.<sup>3</sup> Por fortuna, fueron muchos.

Eratóstenes razonaba que si la Tierra era un cuerpo pequeño y esférico situado dentro de un vasto universo, entonces otras partes, como el Sol, debían de encontrarse muy lejos —tan lejos, de hecho, que sus rayos debían de ser prácticamente paralelos en todos los lugares de la Tierra. También sabía que a medida que el Sol ascendía por el cielo las sombras se iban haciendo más cortas—, y sabía, gracias a los relatos de viajeros, que durante el solsticio de verano en la ciudad de Siena (la actual Asuán), el Sol se situaba justo encima de la cabeza de modo que las sombras desaparecían de cualquier objeto vertical, como las columnas, los postes e incluso los gnomones, los estilos o indicadores verticales de ciertos relojes solares, cuya única función era proyectar su sombra. También los pozos parecían perder su sombra, puesto que la luz del Sol los inundaba de manera uniforme, «como un tapón que se ajustara perfectamente a su boca», según una fuente antigua.<sup>4</sup> (Exagero un poco; las sombras no desaparecían por completo sino que simplemente se proyectaban justo debajo de los objetos, en lugar de hacerlo hacia un lado, como suelen hacer.)

Además, Eratóstenes sabía que Alejandría se encontraba al norte de Siena y aproximadamente sobre el mismo meridiano. Y gracias a los topógrafos reales que el gobierno egipcio enviaba a recorrer y cartografiar sus tierras cada año tras las inundaciones estacionales del Nilo, sabía que estas dos ciudades se hallaban a unos cinco mil estadios de distancia (la cifra fue redondeada, por lo que no podemos uti-

lizarla para establecer la conversión entre estadios y otras unidades actuales).

En tiempos modernos diríamos de Siena que se encuentra en el Trópico de Cáncer, una línea imaginaria que pasa por el norte de México, el sur de Egipto, la India y el sur de China (aparece en la mayoría de globos terráqueos). Todos los puntos situados sobre el trópico comparten una característica única: el Sol se sitúa justo en la vertical sólo un día al año, durante el solsticio de verano, el 21 de junio. Las personas que viven al norte del Trópico de Cáncer nunca ven el Sol directamente por encima de sus cabezas, así que el Sol siempre proyecta una sombra. Quienes viven en el hemisferio norte pero al sur del Trópico de Cáncer ven el Sol justo en la vertical dos veces al año, una vez antes del solsticio y una segunda vez después, separados por un número de días que depende del lugar.

La razón de todo esto tiene que ver con la posición de la Tierra, cuyo eje se encuentra inclinado con respecto al Sol. Pero esto no tenía que importarle a Eratóstenes. Lo único importante era que cuando el Sol se hallaba justo por encima de la cabeza en Siena, no lo estaba en ningún lugar situado al norte o al sur, y por supuesto tampoco en Alejandría, donde el gnomon de un reloj proyectaría una sombra. La longitud de esa sombra dependería de la curvatura de la Tierra; cuanto mayor fuera ésta, más larga sería la sombra.

Gracias a este conocimiento geométrico, Eratóstenes disponía de todo el saber necesario para diseñar un ingenioso experimento que le permitiera conocer el grado exacto de curvatura de la Tierra, y por ende su circunferencia.

Para apreciar la belleza de este experimento no necesitamos conocer los detalles de cómo lo puso en práctica Eratóstenes. Es una suerte que sea así, porque no nos ha llegado su relato de cómo lo hizo. Todo lo que sabemos al respecto lo debemos a descripciones incompletas e indirectas proporcionadas por sus coetáneos y sucesores, la mayoría de los cuales no llegaron a comprender todos los detalles. Tampoco necesitamos saber nada sobre el camino que siguió en su pesquisa, es decir, qué motivó su interés en el problema, cuáles fueron sus primeros pasos, qué tropiezos tuvo, cómo llegó por fin a darse cuenta de la solución y en qué otras direcciones indagó. Pero es una

lástima que sea así, porque puede dar la impresión de que la idea le sobrevino de sopetón, que se le apareció de golpe ante los ojos; con todo, no nos impide comprender el experimento. Además, no tenemos que dar ningún salto intelectual especulativo o seguir argumentos matemáticos complejos o basarnos en ingeniosas conjeturas empíricas fundamentadas en cosas tan peregrinas como la demografía de los elefantes. La belleza de este experimento radica en la forma en que hace posible la determinación de una dimensión de proporciones cósmicas a partir de la sola medición de la longitud de una pequeña sombra.

Su abrumadora simplicidad y elegancia puede plasmarse en los diagramas de las figuras 1.1 y 1.2.

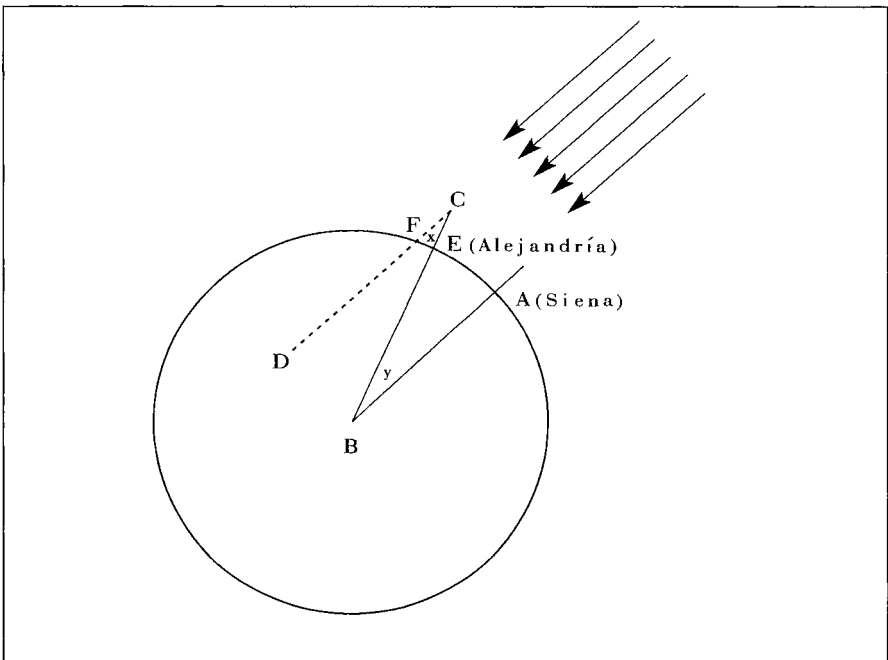


FIGURA 1.1. El ángulo creado por la sombra en Alejandría ( $x$ ) es igual al ángulo ( $y$ ) creado por los dos radios que pasan por Alejandría y Siena y se encuentran en el centro de la Tierra (la escala está distorsionada). Por tanto, la fracción que de un círculo completo es el arco de una sombra en Alejandría (EF) es igual a la fracción que de la circunferencia de la Tierra es la distancia (AE) de Siena a Alejandría.

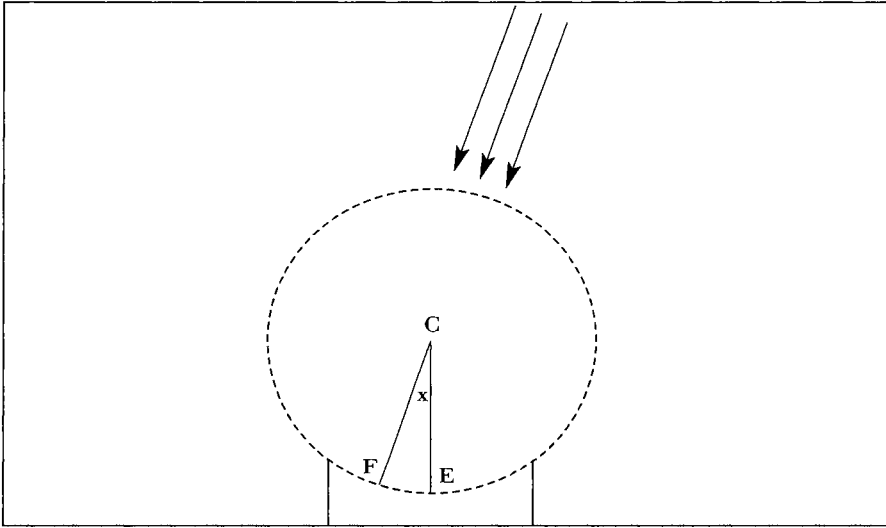


FIGURA 1.2. Eratóstenes puede haber medido o bien la fracción que la longitud de la sombra (EF) es respecto de la circunferencia del círculo descrito por el cuenco del reloj de sol, o bien la fracción que del círculo completo es el ángulo de la sombra ( $x$ ).

Durante el solsticio, cuando el Sol se encuentra justo por encima de la cabeza en Siena (A), las sombras desaparecen, caen siguiendo la vertical hacia el centro de la Tierra (línea AB). Entretanto, en Alejandría (E) las sombras caen en la misma dirección (CD) porque los rayos del Sol son paralelos, pero como la Tierra es curva, forman un pequeño ángulo que denominaremos  $x$ . Un ángulo pequeño o, lo que es lo mismo, una sombra corta, indicarían una curvatura leve, casi plana, y una circunferencia de la Tierra muy grande; por el contrario, un ángulo grande o una sombra larga indicarían una curvatura pronunciada y una circunferencia pequeña. Pero ¿había algún modo de calcular con exactitud la circunferencia a partir de la longitud de la sombra? La respuesta estaba en la geometría.

De acuerdo con Euclides, los ángulos interiores de una línea que interseca dos líneas paralelas son iguales. Por consiguiente, el ángulo ( $x$ ) formado por las sombras en Alejandría debe ser igual al ángulo ( $y$ )

creado por los dos radios que nacen en el centro de la Tierra y pasan por Alejandría y Siena (BC y BA). Esto significa, a su vez, que el cociente entre la longitud del arco de un gnomon (FE) y el círculo completo alrededor del gnomon (véase la figura 1.2) es igual al cociente entre la distancia de Siena a Alejandría (AE) y la circunferencia de la Tierra. Eratóstenes se dio cuenta de que sólo tenía que medir esta fracción para calcular la circunferencia de la Tierra.

Aunque Eratóstenes pudo haber hecho la medición de varias maneras, los historiadores de la ciencia están bastante seguros de que lo hizo con la ayuda de la versión griega del reloj solar, que proyecta una sombra bien definida. El contador de horas o *skaphe* consistía en un cuenco de bronce con un indicador o gnomon en su centro cuya sombra ascendía lentamente siguiendo unas líneas horarias grabadas en la superficie del cuenco. Pero Eratóstenes utilizó este instrumento de un modo nuevo. No le interesaba la posición de la sombra con respecto a las líneas horarias para medir el paso del tiempo, sino el ángulo formado por el gnomon y su sombra en el mediodía del solsticio de verano. Podía medir entonces a qué fracción de un círculo correspondía ese ángulo (la práctica de medir en grados obtenidos de la división del círculo en 360 partes iguales no se hizo común hasta un siglo más tarde). O lo que es lo mismo, podía medir el cociente entre la longitud del arco proyectado por la sombra sobre el cuenco y la circunferencia completa del cuenco.

El mediodía del solsticio de verano Eratóstenes determinó que el arco formado por la sombra sobre el cuenco correspondía a  $1/50$  parte del círculo completo (o, como diríamos hoy, un ángulo de 7,2 grados). La distancia entre Alejandría y Siena era, por tanto, la quincuagésima parte de la distancia total del meridiano. Multiplicando 5.000 estadios por 50 obtuvo el valor de 250.000 estadios para la circunferencia de la Tierra, cifra que más tarde ajustó a 252.000 estadios (ambas cifras equivalen más o menos a 40.200 kilómetros). La razón de este reajuste no está clara, pero probablemente tenga que ver con el deseo de simplificar los cálculos de distancias geográficas, ya que Eratóstenes solía dividir los círculos en sesenta partes y la sexagésima parte de 252.000 estadios es un número redondo: 4.200 estadios. Pero tanto si se usan 250.000 estadios como si se usan 252.000 estadios, e

independientemente del factor de conversión que uno prefiera utilizar para convertir los estadios en unidades modernas de longitud, la estima de Eratóstenes cae dentro de un pequeño margen de error respecto de la cifra aceptada actualmente de 40.000 kilómetros.

La imagen del cosmos que tenía Eratóstenes fue esencial para el éxito de su experimento. Sin ella, la medición de la longitud de la sombra no lo hubiera llevado a determinar la circunferencia de la Tierra. Por ejemplo, un antiguo texto chino de cartografía, el *Huainanzi* o «Libro del Maestro de Huainan», señala que dos gnomones de la misma altura pero situados a diferentes distancias (en la dirección nortesur) proyectan sombras de distinta longitud en el mismo momento.<sup>5</sup> Bajo la suposición de que la Tierra era prácticamente plana, el autor atribuía esta diferencia a que el gnomon que proyectaba la sombra más corta se encontraba más directamente bajo el Sol y argumentaba que la diferencia en la longitud de las sombras podía utilizarse ¡para calcular la altura del cielo!

Los datos de Eratóstenes y sus mediciones eran aproximados. Probablemente fuera consciente de que Siena no se encontraba exactamente en el Trópico de Cáncer ni exactamente al sur de Alejandría. La distancia entre las dos ciudades no es exactamente cinco mil estadios. Y como el Sol no es un punto de luz sino un pequeño disco (de aproximadamente medio grado de anchura), la luz proveniente de uno de los lados de este disco no toca el gnomon exactamente con el mismo ángulo que la luz procedente del otro lado del disco solar, haciendo que la sombra sea algo borrosa.

Pero teniendo en cuenta la tecnología que Eratóstenes tenía a su disposición el experimento era bastante bueno. Su cifra de 252.000 estadios fue aceptada por los griegos antiguos como un valor fiable de la circunferencia de la Tierra durante cientos de años. En el siglo I d. C. el autor romano Plinio alabó a Eratóstenes como «autoridad destacada» sobre la circunferencia de la Tierra, calificando su razonamiento de «sutil» y su cifra de «universalmente aceptada». <sup>6</sup> Un siglo después de Eratóstenes otro erudito griego intentó utilizar la diferencia entre el ángulo de visión de la estrella Canopo desde Alejandría y el ángulo de visión de la misma estrella desde Rodas (donde se decía que la estrella se encontraba justo en el horizonte) para medir la circunfe-

rencia de la Tierra, pero el resultado resultó no ser fiable. Ni siquiera un milenio después lograron los astrónomos árabes mejorar su resultado aunque lo intentaron por varios métodos, como medir el horizonte desde la cima de una montaña de altura conocida o medir la altura de una estrella desde el horizonte en dos lugares distintos pero al mismo tiempo. La medición de Eratóstenes no pudo ser mejorada hasta los tiempos modernos, cuando se consiguió medir de forma muy precisa la posición de los cuerpos celestes.

El experimento de Eratóstenes transformó la geografía y la astronomía. En primer lugar, permitió a cualquier geógrafo establecer la distancia entre dos lugares de latitud conocida, por ejemplo entre Atenas y Cartago o entre Cartago y la desembocadura del Nilo. Permitted a Eratóstenes determinar el tamaño y posición del mundo habitado conocido, y proporcionó a sus sucesores una vara de medir para determinar otras dimensiones cósmicas como la distancia de la Tierra a la Luna, el Sol y las estrellas. En suma, el experimento de Eratóstenes transformó la imagen que los seres humanos tenían de la Tierra, de la posición de la Tierra en el universo (o al menos en el sistema solar) y del lugar que ocupan los seres humanos en este esquema.

El experimento de Eratóstenes, como toda forma de actuación, es abstracto en el sentido de que no depende de ninguna realización específica, y puede realizarse de muchas maneras. Fue, por tanto, una contribución a la cultura humana. Sus ingredientes son comunes y familiares: una sombra, un instrumento de medición y geometría de bachillerato. No hace falta ir a Alejandría o usar un *skaphe*; ni siquiera es necesario hacerlo durante el solsticio. Cientos de colegios de todo el mundo realizan el experimento de Eratóstenes. Algunos utilizan la sombra proyectada por relojes de sol de fabricación propia, otros por postes o astas. A menudo estas reconstrucciones del experimento se realizan en colaboración con otras escuelas por correo electrónico y utilizando una web de geografía para obtener las latitudes y longitudes y MapQuest para determinar la distancia. Estas reconstrucciones no son como las representaciones, por poner un ejemplo, de la batalla de Gettysburg que escenifican los entusiastas de la guerra de Secesión, pues en este caso el objetivo es la exactitud histórica o por lo menos una simulación entretenida. Los estudiantes no copian o simulan el

experimento de Eratóstenes, sino que realmente lo realizan como si fuera la primera vez, y el experimento les presenta el resultado fresco ante sus ojos y de forma tan directa que apenas queda lugar para la duda.

El experimento de Eratóstenes también ilustra de forma manifiesta y emocionante la naturaleza de la experimentación. ¿Cómo es posible que los científicos puedan llegar a conocer algo como la circunferencia de la Tierra sin necesidad de medirla físicamente? No somos impotentes, no tenemos que recurrir a métodos de fuerza bruta como una cinta métrica de miles de kilómetros de longitud. Una actuación representada con astucia, con la tramoya adecuada, puede hacer incluso que cosas efímeras y fluidas como las sombras revelen las dimensiones fijas e inalterables del cielo. El experimento de Eratóstenes nos deja ver de qué modo podemos encontrar la forma en el caos, incluso en fugaces sombras, con la ayuda de instrumentos de nuestra propia fabricación.

La belleza del experimento de Eratóstenes nace de su imponente amplitud. Algunos experimentos extraen orden del caos analizando, aislando o diseccionando algo ante nuestros ojos. Este experimento dirige nuestra atención en la dirección opuesta al medir la vastedad con cosas pequeñas. Amplía nuestra percepción al proporcionarnos una nueva forma de abordar una pregunta aparentemente sencilla: «¿qué son las sombras y cómo se forman?». El experimento hace que nos demos cuenta de que la dimensión de *esta* sombra concreta y transitoria está relacionada con la redondez de la Tierra, con el tamaño y posición remota del Sol, con las posiciones siempre cambiantes de estos dos cuerpos y con todas las sombras del planeta. La enorme distancia que nos separa del Sol, la progresión cíclica del tiempo y la redondez de la Tierra adquieren una presencia casi palpable en este experimento que afecta a la cualidad de nuestra experiencia del mundo.

A menudo se piensa en los experimentos de las ciencias físicas como algo impersonal que disminuye la significación de la humanidad en el universo. La ciencia, según se cree a menudo, despoja a la humanidad de su posición privilegiada, y algunas personas compensan esta pérdida imaginada abrazando el pensamiento mágico, fantaseando con los lazos místicos que unen al Sol, los planetas y las estre-



llas con los destinos personales. Pero el experimento a primera vista abstracto de Eratóstenes nos humaniza de un modo más genuino al proporcionarnos un sentido realista de quiénes somos y de dónde estamos. Mientras casi todo lo que nos rodea celebra la grandiosidad, la inmediatez y el dominio, este experimento nos incita a valorar el poder revelador de la pequeñez, la temporalidad y a apreciar el modo en que las cosas de todas las dimensiones se encuentran, en último término, interconectadas.