Isaac Asimov

Grandes ideas de la ciencia

Alianza editorial
El libro de bolsillo

Título original: *Great Ideas of Science*
Traducción de Miguel Paredes Larrucea

Revisión científico-técnica de la traducción: David Galadí-Enríquez

Primera edición: 1983
Tercera edición: 2011
Quinta reimpresión: 2024

Diseño de colección: Estrada Design
Diseño de cubierta: Manuel Estrada
Ilustración de cubierta: Alfred Eisenstaedt: *Earl Reum* (detalle). © Getty Images
Selección de imagen: Laura Gómez Cuesta

Calle Valentín Beato, 21
28027 Madrid
www.alianzaeditorial.es

PAPEL DE FIBRA CERTIFICADA

ISBN: 978-84-206-6280-0
Depósito legal: M. 41.289-2011
Printed in Spain

Si quiere recibir información periódica sobre las novedades de Alianza Editorial, envíe un correo electrónico a la dirección: alianzaeditorial@anaya.es

Índice

11 1. Tales y la ciencia
19 2. Pitágoras y el número
28 3. Arquímedes y la matemática aplicada
36 4. Galileo y la experimentación
43 5. Demócrito y los átomos
51 6. Lavoisier y los gases
59 7. Newton y la inercia
67 8. Faraday y los campos
75 9. Rumford y el calor
83 10. Joule y la energía
91 11. Planck y los cuantos
100 12. Hipócrates y la medicina
107 13. Wöhler y la química orgánica
115 14. Linneo y la clasificación
122 15. Darwin y la evolución
129 16. Russell y la evolución estelar

A Eric Berger,
que siempre ha cooperado

1. Tales y la ciencia

¿De qué está compuesto el universo?

Esa pregunta, tan importante, se la planteó hacia el año 600 a. C. el pensador griego Tales, y dio una solución falsa: «Todas las cosas son agua».

La idea, además de incorrecta, tampoco era original del todo. Pero aun así es uno de los enunciados más importantes en la historia de la ciencia, porque sin él –u otro equivalente– no habría ni siquiera lo que hoy entendemos por «ciencia».

La importancia de la solución que dio Tales se nos hará clara si examinamos cómo llegó a ella. A nadie le sorprenderá saber que este hombre que dijo que todas las cosas eran agua vivía en un puerto de mar. Mileto, que así se llamaba la ciudad, estaba situada en la costa oriental del mar Egeo, que hoy pertenece a Turquía. Mileto ya no existe, pero en el año 600 a. C. era la ciudad más próspera del mundo de habla griega.

Al borde del litoral

No es impensable que Tales cavilase sobre la naturaleza del universo al borde del mar, con la mirada fija en el Egeo. Sabía que éste se abría hacia el sur en otro mar más grande, al que hoy llamamos Mediterráneo, y que se extendía cientos de millas hacia el oeste. El Mediterráneo pasaba por un angosto estrecho (el de Gibraltar), vigilado por dos peñones rocosos que los griegos llamaban las Columnas de Hércules.

Más allá de las Columnas de Hércules había un océano (el Atlántico), y los griegos creían que esta masa de agua circundaba los continentes de la Tierra por todas partes.

El continente, la tierra firme, tenía, según Tales, la forma de un disco de algunos miles de kilómetros de diámetro, flotando en medio de un océano infinito. Pero tampoco ignoraba que el continente propiamente dicho estaba surcado por las aguas. Había ríos que lo cruzaban, lagos diseminados aquí y allá y manantiales que surgían de sus entrañas. El agua se secaba y desaparecía en el aire, para convertirse luego otra vez en agua y caer en forma de lluvia. Había agua arriba, abajo y por todas partes.

¿Tierra compuesta de agua?

Según él, los mismos cuerpos sólidos de la tierra firme estaban compuestos de agua, como creía haber comprobado de joven con sus propios ojos: viajando por Egipto había visto crecer el río Nilo; al retirarse las aguas, que-daba atrás un suelo fértil y rico. Y en el norte de Egipto, allí donde el Nilo moría en el mar, había una región de suelo blando formado por las aguas de las crecidas. (Esta zona tenía forma triangular, como la letra «delta» del alfabeto griego, por lo cual recibía el nombre de «delta del Nilo».)

Al hilo de todos estos pensamientos Tales llegó a una conclusión que le parecía lógica: «Todo es agua». Ni que decir tiene que estaba equivocado. El aire no es agua, y aunque el vapor de agua puede mezclarse con el aire, no por eso se transforma en él. Tampoco la tierra firme es agua; los ríos pueden arrastrar partículas de tierra desde las montañas a la planicie, pero esas partículas no son de agua.

Tales «versus» Babilonia

La idea de Tales, ya lo dijimos, no era del todo suya, pues tuvo su origen en Babilonia, otro de los países que había visitado de joven. La antigua civilización de Babilonia había llegado a importantes conclusiones en materia de astronomía y matemáticas, y estos resultados tuvieron por fuerza que fascinar a un pensador tan serio como Tales. Los babilonios creían que la tierra firme era un disco situado en un manantial de agua dulce, la cual afloraba aquí y allá a la superficie formando ríos, lagos y fuentes; y que alrededor de la tierra había agua salada por todas partes.

Cualquiera diría que la idea era la misma que la de Tales, y que éste no hacía más que repetir las teorías babilónicas. ¡No del todo! Los babilonios, a diferencia de

Tales, concebían el agua no como tal, sino como una colección de seres sobrenaturales. El agua dulce era el dios Apsu, el agua salada la diosa Tiamat, y entre ambos engendraron muchos otros dioses y diosas. (Los griegos tenían una idea parecida, pues pensaban que Okeanos, el dios del océano, era el padre de los dioses.)

Según la mitología babilónica, entre Tiamat y sus descendientes hubo una guerra en la que, tras gigantesca batalla, Marduk, uno de los nuevos dioses, mató a Tiamat y la escindió en dos. Con una de las mitades hizo el cielo, con la otra la tierra firme.

Esa era la respuesta que daban los babilonios a la pregunta «¿de qué está compuesto el universo?». Tales se acercó a la misma solución desde un ángulo diferente. Su imagen del universo era distinta porque prescindía de dioses, diosas y grandes batallas entre seres sobrenaturales. Se limitó a decir: «Todas las cosas son agua» .

Tales tenía discípulos en Mileto y en ciudades vecinas de la costa egea. Doce de ellas componían una región que se llamaba Jonia, por la cual Tales y sus discípulos recibieron el nombre de «escuela jónica». Los jonios persistieron en su empeño de explicar el universo sin recurrir a seres divinos, iniciando así una tradición que ha perdurado hasta nuestros días.

La importancia de la tradición jónica

¿Por qué fue tan importante el interpretar el universo sin recurrir a divinidades? ¿La ciencia podría haber surgido sin esa tradición?

Imaginemos que el universo es producto de los dioses, que lo tienen a su merced y pueden hacer con él lo que se les antoje. Si tal diosa está enojada porque el templo erigido en su honor no es suficientemente grandioso, envía una plaga. Si un guerrero se halla en mal trance y reza al dios X y le promete sacrificarle reses, éste puede enviar una nube que lo oculte de sus enemigos. No hay manera de prever el curso del universo: todo depende del capricho de los dioses.

En la teoría de Tales y de sus discípulos no había divinidades que se inmiscuyeran en los designios del universo. El universo obraba exclusivamente de acuerdo con su propia naturaleza. Las plagas y las nubes eran producto de causas naturales solamente y no aparecían mientras no se hallaran presentes estas últimas. La escuela de Tales llegó así a un supuesto básico:

> El universo se conduce de acuerdo con ciertas «leyes de la naturaleza» que no pueden alterarse.

¿Este universo es mejor que aquel otro que se mueve al son de las veleidades divinas? Si los dioses hacen y deshacen a su antojo, ¿quién es capaz de predecir lo que sucederá mañana? Bastaría que el «dios del Sol» estuviese enojado para que, a lo peor, no amaneciera el día siguiente. Mientras los hombres tuvieron fijada la mente en lo sobrenatural no vieron razón alguna para tratar de descifrar los designios del universo, y prefirieron idear modos y maneras de agradar a los dioses o de aplacarlos cuando se desataba su ira. Lo importante era construir templos y altares, inventar rezos y rituales de sacrificio, fabricar ídolos y hacer magia.

Y lo malo es que nada podía descalificar este sistema. Porque supongamos que, pese a todo el ritual, sobrevenía la sequía o se desataba la plaga. Lo único que significaba aquello es que los curanderos habían incurrido en error u omitido algún rito; lo que tenían que hacer era volver a intentarlo, sacrificar más reses y rezar con más dedicación.

En cambio, si la hipótesis de Tales y de sus discípulos era correcta –si el universo funcionaba de acuerdo con leyes naturales que no variaban–, entonces sí que merecía la pena estudiar el universo, observar cómo se mueven las estrellas y cómo se desplazan las nubes, cómo cae la lluvia y cómo crecen las plantas, y además en la seguridad de que estas observaciones serían válidas siempre y de que no se verían alteradas inopinadamente por la voluntad de ningún dios. Y entonces sería posible establecer una serie de leyes elementales que describiesen la naturaleza general de las observaciones.

La primera hipótesis de Tales condujo así a una segunda:

> La razón humana es capaz de esclarecer la naturaleza de las leyes que gobiernan el universo.

La idea de ciencia

Estos dos supuestos –el de que existen leyes de la naturaleza y el de que el hombre puede esclarecerlas mediante la razón– constituyen la «idea de ciencia». Pero ¡ojo!, son sólo eso, supuestos, y no pueden demostrarse; lo cual no es óbice para que desde Tales siempre haya habido hombres que han creído obstinadamente en ellos.

La idea de ciencia estuvo a punto de desvanecerse en Europa tras la caída del Imperio Romano; pero no llegó a morir. Luego, en el siglo XVI, adquirió enorme empuje. Y hoy día, se halla en pleno apogeo.

El universo, todo hay que decirlo, es mucho más complejo de lo que Tales se imaginaba. Pero, aun así, hay leyes de la naturaleza que pueden expresarse con gran simplicidad y que son, según los conocimientos actuales, inmutables. La más importante de ellas quizá sea el «principio de conservación de la energía», que, expresado con pocas palabras, afirma lo siguiente: «La energía total del universo es constante».

Una cierta incertidumbre

La ciencia ha comprobado que el conocimiento tiene también sus límites. El físico alemán Werner Heisenberg elaboró en la década de 1920 un principio que se conoce por «principio de incertidumbre» y que afirma que es imposible determinar con exactitud la posición y la velocidad de un objeto en un instante dado. Se puede hallar una u otra con la precisión que se quiera, pero no ambas al mismo tiempo. ¿Hay que entender que el segundo supuesto de la ciencia es falso, que el hombre no puede adquirir conocimiento con el cual descifrar el enigma del universo?

En absoluto, porque el principio de incertidumbre es, de suyo, una ley natural. La exactitud con la que podemos medir el universo tiene sus límites, nadie lo niega; pero la razón puede discernir esos límites, y la cabal comprensión de la incertidumbre permite conocer muchas cosas que, de otro modo, serían inexplicables. Así pues, la gran idea de Tales, la «idea de ciencia», es igual de válida hoy que hace unos dos mil quinientos años, cuando la propuso el griego de Mileto.

2. Pitágoras y el número

No mucho después de la época en que Tales cavilaba sobre los misterios del universo, hace unos dos mil quinientos años, había otro sabio griego que jugaba con cuerdas. Pitágoras, al igual que Tales, vivía en una ciudad costera, Crotona, en el sur de Italia; y lo mismo que él, no era precisamente un hombre del montón.

Las cuerdas con las que jugaba Pitágoras no eran cuerdas comunes y corrientes, sino recias, como las que se utilizaban en los instrumentos musicales del tipo de la lira. Pitágoras se había procurado cuerdas de diferentes longitudes, las había tensado y las pulsaba ahora una a una para producir distintas notas musicales.

Números musicales

Finalmente halló dos cuerdas que daban notas separadas por una octava; es decir, si una daba el *do* bajo, la otra daba el *do* agudo. Lo que cautivó a Pitágoras es que la cuerda que daba el *do* bajo era exactamente dos veces más larga que la del *do* agudo. La razón de longitudes de las dos cuerdas era de 2 a 1.

Volvió a experimentar y obtuvo otras dos cuerdas cuyas notas diferían en una quinta; una de las notas era un *do,* por ejemplo, y la otra un *sol.* La cuerda que producía la nota más baja era ahora exactamente vez y media más larga que la otra. La razón de las longitudes era de 3 a 2.

Como es lógico, los músicos griegos y de otros países sabían también fabricar cuerdas que diesen ciertas notas y las utilizaban en instrumentos musicales. Pero Pitágoras fue, que se sepa, el primer hombre en estudiar, no la música, sino el juego de longitudes que producía la música.

¿Por qué eran precisamente estas proporciones de números sencillos –2 a 1, 3 a 2, 4 a 3– las que originaban sonidos especialmente agradables? Cuando se elegían cuerdas cuyas longitudes guardaban proporciones menos simples –23 a 13, por ejemplo– la combinación de sonidos no era grata al oído.

Puede ser, quién sabe, que a Pitágoras se le ocurriera aquí una idea luminosa: que los números no eran simples herramientas para contar y medir, sino que gobernaban la música y hasta el universo entero.

Si los números eran tan importantes, valía la pena estudiarlos en sí mismos. Había que empezar a pensar, por ejemplo, en el número 2 a secas, no en dos hombres o dos manzanas. El número 2 era divisible por 2; era un «número par». El número 3 no se podía dividir exactamente por 2; era un «número impar». ¿Qué propiedades compartían todos los números pares? ¿Y los impares? Cabía empezar por el hecho de que la suma de dos números pares o de dos impares es siempre un número par, y la de un par y un impar es siempre impar.

O imaginemos que dibujásemos cada número como una colección de puntos. El 6 vendría representado por seis puntos; el 23, por veintitrés, etc. Espaciando regularmente los puntos se comprueba que ciertos números, conocidos como «números triangulares», se pueden representar mediante triángulos equiláteros. Otros, llamados «cuadrados», se pueden disponer en formaciones cuadradas.

Números triangulares

Pitágoras sabía que no todos los números de puntos se podían disponer en triángulo. De los que sí admitían esta formación, el más pequeño era el conjunto de un solo punto, equivalente al número triangular 1.

Para construir triángulos más grandes bastaba con ir añadiendo filas adicionales que corrieran paralelas a uno de los lados del triángulo. Colocando *dos* puntos más a un lado del triángulo de 1 punto se obtenía el triángulo de tres puntos, que representa el número 3. Y el triángulo de seis, que representa el número 6, se obtiene al añadir *tres* puntos más al triángulo de tres.

Los siguientes triángulos de la serie estaban constituidos por diez puntos (el triángulo de seis, más *cuatro* puntos), quince puntos (diez más *cinco),* veintiuno (quince más *seis),* etc. La serie de números triangulares era, por tanto, 1, 3, 6, 10, 15, 21, ...

Al formar la serie de triángulos a base de añadir puntos, Pitágoras se percató de un hecho interesante, y es que para pasar de un triángulo al siguiente había que añadir siempre un punto más que la vez anterior (la letra cursiva así lo indica en los dos párrafos anteriores).

Dicho con otras palabras, era posible construir los triángulos, o los números triangulares, mediante una sucesión de sumas de números consecutivos: 1 = 1; 3 = 1 + 2; 6 = 1 + 2 + 3; 10 = 1 + 2 + 3 + 4; 15 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5; 21 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6; etcétera.

Números cuadrados

Si el triángulo tiene tres lados, el cuadrado tiene cuatro (y cuatro ángulos rectos, de 90 grados), por lo cual era de esperar que la sucesión de los números cuadrados fuese muy distinta de la de los triangulares. Ahora bien, un solo punto aislado encajaba igual de bien en un cuadrado que en un triángulo, de manera que la sucesión de cuadrados empezaba también por el número 1.

Los siguientes cuadrados se podían formar colocando orlas de puntos adicionales a lo largo de dos lados adyacentes del cuadrado anterior. Añadiendo *tres* puntos al cuadrado de uno se formaba un cuadrado de cuatro puntos, que representaba el número 4. Y el de nueve se obtenía de forma análoga, orlando con *cinco* puntos más el cuadrado de cuatro.

La secuencia proseguía con cuadrados de dieciséis puntos (el cuadrado de nueve, más *siete* puntos), veinticinco puntos (dieciséis más *nueve),* treinta y seis (vein-