

LA RELATIVIDAD DE LOS ERRORES

El otro día recibí una carta de un lector. Estaba escrita con una letra indescifrable, así que era muy difícil de leer. No obstante, intenté descifrarla por si acaso era algo importante.

En la primera frase me decía que se estaba especializando en literatura inglesa, pero que se sentía en la obligación de enseñarme algo sobre la ciencia. (Suspiré levemente, porque no conozco a muchos especialistas en literatura inglesa que sepan lo suficiente como para enseñarme algo sobre la ciencia, pero soy muy consciente de mi inmensa ignorancia y estoy dispuesto a aprender todo lo que pueda de cualquiera, por muy bajo que sea el lugar que ocupe en la escala social; así que seguí leyendo.)

Al parecer, en uno de los incontables artículos que publico aquí y en otros lugares, había expresado una cierta alegría por el hecho de vivir en un siglo en el que, por fin, hemos comprendido los principios básicos del Universo.

No entraba en detalles, pero lo que quería decir es que ahora conocemos las reglas básicas que regulan el Universo, además de las interrelaciones gravitatorias de sus elementos constituyentes, tal como vienen expresadas por la teoría de la relatividad desarrollada entre 1905 y 1916.

También conocemos las reglas básicas a las que se atienen las partículas subatómicas y sus interrelaciones, que fueron elegantemente formuladas en la teoría cuántica, desarrollada entre 1900 y 1930. Además, hemos observado que las galaxias y los cúmulos galácticos son las unidades básicas del Universo Físico, como se descubrió entre 1920 y 1930.

Como verán, todos estos descubrimientos han sido realizados en el siglo XX.

Después de citarme, el joven especialista en literatura inglesa proseguía aleccionándome severamente, pues según él en todas las épocas la gente ha creído comprender al fin el Universo, y siempre se ha demostrado que estaban equivocados. Según esto, lo único que podemos decir de nuestros conocimientos modernos es que están equivocados.

Después, el joven manifestaba su aprobación ante las palabras que pronunció Sócrates al enterarse de que el oráculo de Delfos le había calificado como el hombre más sabio de Grecia. «Si yo soy el hombre más sabio», dijo Sócrates, «es porque soy el único en saber que no sé nada».

Con lo que daba a entender que yo era muy tonto porque tenía la impresión de saber un montón de cosas.

Por desgracia, todo esto no era ninguna novedad para mí. (Hay muy pocas cosas que me parezcan una novedad; me gustaría que mis corresponsales se dieran cuenta de ello.) Esta misma teoría me fue propuesta hace un cuarto de siglo por John Campbell, que se había especializado en irritarme. También me dijo que con el tiempo todas las teorías resultan ser falsas

Esto fue lo que le respondí:

—John, la gente estaba equivocada al creer que la Tierra era plana. También se equivocaba al creer que la Tierra era una esfera. Pero si crees que creer que la Tierra es esférica es tan erróneo como creer que la Tierra es plana, entonces tu teoría es aún más errónea que las dos juntas.

Verán: el principal problema es que la gente piensa que «correcto» e «incorrecto» son categorías absolutas, que todo lo que no sea perfecta y completamente correcto es total y absolutamente incorrecto.

Pero yo no lo creo así. En mi opinión correcto y equivocado son conceptos borrosos, y en este artículo voy a explicar mis razones para creerlo así.

En primer lugar, permítanme despachar a Sócrates, porque estoy harto y aburrido de esa afectación de que saber que no se sabe nada es un signo de sabiduría.

Nadie sabe nada. En cuestión de días, los bebés aprenden a reconocer a sus madres.

Por supuesto, Sócrates estaría de acuerdo y explicaría que él no se refiere al conocimiento de trivialidades. Se refiere a que hay que abordar las grandes abstracciones sobre las que discuten los seres humanos sin ideas preconcebidas y no contrastadas, y que esto es lo único que sabemos. (¡Qué afirmación tan increíblemente arrogante!)

Al discutir temas tales como «¿Qué es la justicia?» o «¿Qué es la virtud?», su actitud era la del que no sabe nada y tiene que ser aleccionado por los demás. (Es la llamada «ironía socrática», ya que Sócrates sabía de sobra que él sabía mucho más que los pobres infelices en los que se cebaba.) Al fingir ignorancia, Sócrates conseguía que los demás expusieran sus puntos de vista sobre estos conceptos abstractos. Entonces planteaba una serie de preguntas, aparentemente propias de un ignorante, con las que conseguía que los otros se perdieran en un fárrago tal de contradicciones que acababan por echarse a llorar y por admitir que no sabían de qué estaban hablando.

El hecho de que los atenienses permitieran que este juego continuara durante décadas y que le aguantaran hasta los setenta años, momento en el cual le obligaron a beberse el veneno, nos da una idea de su maravillosa tolerancia.

Ahora bien, ¿de dónde sacamos la idea de que «correcto» e «incorrecto» son conceptos absolutos? Tengo la impresión de que viene de los primeros años de colegio, cuando los niños, que saben muy pocas cosas, caen en manos de maestros que saben muy poco más que ellos.

Los niños pequeños aprenden ortografía y aritmética, por ejemplo, donde tropezamos con valores aparentemente absolutos.

¿Cómo se escribe «azúcar»? Respuesta: a-z-ú-c-a-r. Eso es lo correcto. Cualquier otra cosa es incorrecta.

¿Cuánto es $2 + 2$? La respuesta es 4. Cualquier otra respuesta es incorrecta.

El disponer de respuestas exactas y cosas absolutamente correctas e incorrectas minimiza la necesidad de pensar, lo que agrada tanto a los profesores como a los alumnos.

Esa es la razón de que tanto los profesores como los alumnos prefieran los tests de respuestas cortas a los exámenes tipo ensayo, los tests en que hay que elegir una respuesta entre varias a los tests de respuestas cortas, y los tests de verdadero / falso a los tests con varias respuestas posibles.

Pero, a mi modo de ver, los tests de respuestas cortas no dan una buena medida de la comprensión de un tema por parte del alumno. Sólo miden su eficacia a la hora de memorizar algo.

Comprenderán lo que quiero decir en cuanto admitan que correcto e incorrecto son categorías

relativas.

¿Cómo se escribe «azúcar»? Supongamos que Alicia lo escribe p-q-z-z-a-f y que Genoveva lo escribe a-s-u-k-a-r.

Las dos están equivocadas, pero ¿no es evidente que Alicia está más equivocada que Genoveva? Si vamos a eso, creo que se puede defender que la forma en que Genoveva escribe la palabra es mejor que la forma «correcta».

O supongamos que escribimos «azúcar» así: s-a-c-a-r-os-a, o c12h22O11. En rigor, estas formas de escribirlo no son correctas, pero estamos dando muestras de ciertos conocimientos sobre la materia, más allá de la ortografía convencional.

Supongamos entonces que la pregunta del examen fuera ¿de cuántas maneras distintas se puede escribir «azúcar»? Explicarlas.

Como es natural, el alumno tendría que pensar bastante y pondría de manifiesto hasta dónde llegan sus conocimientos. El profesor también tendría que pensar mucho para intentar evaluar los conocimientos del alumno. Supongo que ambos se sentirían ultrajados.

¿Y cuánto es $2+2$? Supongamos que Joseph dice: $2+2=$ morado, y que Maxwell dice $2+2=17$. Los dos se equivocan, pero tendrán que admitir que Joseph se equivoca más que Maxwell.

Supongamos que dijéramos $2+2=$ un número entero. Estaríamos en lo cierto, ¿no? O que dijéramos $2+2=$ un número entero par. Acertaríamos aún más. O que dijéramos $2+2=3,999$. ¿No habríamos casi acertado?

Si el profesor sólo admite 4 como respuesta y no hace distinciones entre los distintos errores, ¿no está acaso poniendo límites innecesarios a la comprensión?

Supongamos que la pregunta es ¿cuánto es $9+5$?, y que nuestra respuesta es 2. Sin duda, seríamos mordazmente criticados y ridiculizados, y nos harían saber que $9+5=14$.

Si entonces nos dijeran que han pasado 9 horas desde la medianoche y que, por tanto, son las 9 de la mañana, y nos preguntaran qué hora sería dentro de 5 horas, y respondiéramos que las 14, ya que $9+5=14$, sin duda volveríamos a ser puestos en ridículo y nos harían saber que serían las 2 de la tarde. Parece ser que, después de todo, $9+5=2$ en ese caso.

O supongamos que Richard dice $2+2=11$, y antes de que el profesor le diera tiempo a enviarle a casa con una nota para su madre, añadiera: «En base 3, por supuesto.»

Estaría en lo cierto.

Un ejemplo más. El profesor pregunta «¿Quién es el cuadragésimo Presidente de los Estados Unidos?», y Bárbara responde: «Nadie, señor.»

«¡Incorrecto!», dice el profesor. «Ronald Reagan es el cuadragésimo Presidente de los Estados Unidos.»

«Nada de eso», dice Bárbara. «Aquí tengo una lista de todos los hombres que han sido presidentes de los Estados Unidos desde que se promulgó la Constitución, desde George Washington a Ronald Reagan, y sólo hay treinta y nueve, así que no hay un cuadragésimo presidente.»

«Ah», dice el profesor, «pero Grover Cleveland fue Presidente durante dos mandatos no sucesivos, uno de 1885 a 1889 y otro de 1893 a 1897, así que cuenta dos veces, como vigésimo segundo y vigésimo cuarto presidentes. Esa es la razón de que Ronald Reagan sea la trigésimo novena persona en desempeñar el cargo de Presidente de los Estados Unidos, y, al mismo tiempo, el cuadragésimo Presidente de los Estados Unidos».

¿No les parece ridículo? ¿Por qué hay que contar dos veces a la misma persona si sus mandatos no fueron sucesivos, y sólo una si lo fueron? ¡Puras convenciones!

Pero Bárbara obtiene una mala nota, tan mala como si hubiera dicho que el cuadragésimo Presidente de los Estados Unidos es Fidel Castro.

Por tanto, cuando mi amigo el especialista en literatura inglesa me dice que en todas las épocas los científicos han creído que ya habían descifrado el Universo y que siempre se han equivocado, mi pregunta es: ¿hasta qué punto se han equivocado? ¿Sus errores han sido siempre igualmente graves? Veamos un ejemplo.

En los primeros tiempos de la civilización todo el mundo creía que la Tierra era plana.

No lo creían porque fueran tontos o porque quisieran creer en estupideces. Su impresión de que la Tierra era plana estaba basada en pruebas bastante sólidas. No se trataba simplemente de una cuestión de «ese es el aspecto que tiene», porque la Tierra no parece plana. Tiene un aspecto caóticamente desigual, con colinas, valles, barrancos, acantilados, etcétera.

Desde luego también hay llanuras en las que la superficie de la Tierra en un área limitada sí parece plana. Una de estas llanuras es la de la cuenca del Tigris y el Eufrates, donde se desarrolló la primera civilización (con escritura), la de los sumerios.

Es posible que el aspecto de esta llanura influyera en los hábiles sumerios, que aceptaron la generalización de que la Tierra era plana; de que si fuera posible nivelar todas las elevaciones y depresiones, toda la superficie de la Tierra sería una gran llanura. El hecho de que las extensiones de agua (lagos y estanques) fueran totalmente lisas en los días tranquilos pudo haber contribuido a reforzar esta hipótesis.

Otra forma de considerar la cuestión es la de preguntarse cuál es la «curvatura» de la superficie terrestre.

Cuánto se desvía esta superficie (por término medio) a lo largo de una extensión de terreno de gran tamaño. Según la teoría de la Tierra plana, parecería que no existe ni la más mínima desviación, que la curvatura es de 0 por kilómetro.

Por supuesto, hoy sabemos que la teoría de la Tierra plana estaba equivocada; que estaba terrible, total y absolutamente equivocada. Pero no es así. La curvatura de la Tierra es de casi 0 por kilómetro, de manera que, aunque la teoría de la Tierra plana es incorrecta, da la casualidad de que es casi correcta. Esta es la razón de que se mantuviera durante tanto tiempo.

Naturalmente, había buenas razones para no darse por contento con esta teoría, y alrededor del 350 a.C., el filósofo griego Aristóteles las enumeró. En primer lugar, a medida que uno se desplaza hacia el norte algunas estrellas desaparecen por detrás del horizonte meridional, y cuando nos desplazamos hacia el sur otras estrellas desaparecen por detrás del horizonte septentrional. En segundo lugar, la sombra de la Tierra sobre la Luna en los eclipses lunares siempre describe un arco

de círculo. En tercer lugar, en la misma Tierra los barcos desaparecen paulatinamente por detrás del horizonte, y lo primero en desaparecer es el casco, sea cual sea la dirección en la que naveguen.

Estas tres características no tenían ninguna explicación lógica si la superficie de la Tierra era plana, pero eran perfectamente explicables si se suponía que la Tierra era una esfera.

Lo que es más: Aristóteles creía que toda la materia sólida tiende a moverse en dirección a un centro común, de manera que acaba por agruparse en una esfera. Un volumen determinado de materia está por término medio más cerca de un centro común si es una esfera que si adopta cualquier otra forma.

Aproximadamente un siglo después de Aristóteles, el filósofo griego Eratóstenes observó que el Sol arroja sombras de diferentes longitudes según la latitud (si la superficie de la Tierra fuera plana todas las sombras tendrían la misma longitud). Calculó el tamaño de la esfera terrestre a partir de las diferencias de longitud de las sombras, que resultó ser de 25.000 millas (40.000 Km.) de circunferencia.

La curvatura de esta esfera es de aproximadamente 0,000126 por milla (0,000078 por Km.) una cantidad que, como ven, se aproxima mucho a 0 por milla, y es difícilmente medible con las técnicas de las que disponían los antiguos. La pequeña diferencia entre 0 y 0,000126 explica el hecho de que se tardara tanto en pasar de la teoría de la Tierra plana a la de la Tierra esférica.

Cuidado; hasta una diferencia tan pequeña como ésta puede ser de la mayor importancia. Esta diferencia va aumentando. Resulta completamente imposible trazar mapas de grandes áreas de la Tierra sin tener en cuenta esta diferencia y la esfericidad de la Tierra. No es posible emprender largos viajes transoceánicos si no se dispone de un método fiable para determinar la posición en el océano, a menos que se tenga en cuenta que la Tierra es esférica y no plana.

Además, la teoría de la Tierra plana presupone que o bien la Tierra es infinita o su superficie tiene un «fin». Por el contrario, la teoría de la Tierra esférica postula que ésta es al mismo tiempo finita y sin límites, lo que concuerda con todos los descubrimientos realizados posteriormente.

Así que, a pesar de que la teoría de la Tierra plana sólo es ligeramente incorrecta y aunque hay que reconocer el mérito de sus inventores, es lo bastante incorrecta como para que se descarte en favor de la teoría de la Tierra esférica.

Y, no obstante, ¿es la Tierra una esfera?

No, no es una esfera; no en el sentido estrictamente matemático. Una esfera cumple determinadas propiedades matemáticas: por ejemplo, todos sus diámetros (esto es, todas las líneas rectas que unen dos puntos de su superficie pasando por el centro) son de la misma longitud.

Pero esto no ocurre con la Tierra. Varios de sus diámetros tienen una longitud distinta.

¿Cómo se llegó a la idea de que la Tierra no era realmente una esfera? Para empezar, los contornos del Sol y la Luna son círculos perfectos, al menos para los sistemas de medida disponibles en la época de los primeros telescopios. Esto confirma la suposición de que el Sol y la Luna son esferas perfectas.

Pero cuando Júpiter y Saturno fueron vistos por primera vez a través del telescopio, pronto fue evidente que los contornos de estos planetas no son círculos, sino elipses bien definidas. Por tanto, Júpiter y Saturno no eran esferas perfectas.

A finales del siglo XVII, Isaac Newton demostró que un cuerpo de masa considerable puede formar una esfera al estar sometido a la atracción de las fuerzas gravitatorias (que era exactamente el razonamiento de Aristóteles), pero sólo a condición de que no gire sobre sí mismo. Si el cuerpo se encuentra en rotación, la fuerza centrífuga produce el efecto de levantar la masa del cuerpo en dirección opuesta a la atracción de la gravedad; este efecto aumenta a medida que nos acercamos al Ecuador. También aumenta con la velocidad de rotación del cuerpo, y las velocidades de rotación de Júpiter y Saturno son, efectivamente, muy altas.

La rotación de la Tierra es mucho más lenta que la de Júpiter o Saturno, de manera que el efecto no será tan acusado, pero no por ello deja de producirse. En el siglo XVIII se realizaron mediciones de la curvatura de la Tierra y se demostró que Newton estaba en lo cierto.

En otras palabras: la Tierra está abombada en el Ecuador y achatada en los polos. Es un «esferoide» y no una esfera. Por tanto, los diferentes diámetros de la Tierra tienen longitudes variables. Los más largos son los que van de un punto del Ecuador al opuesto. Este «diámetro ecuatorial» tiene 12.755 kilómetros (7.927 millas) de longitud. El diámetro más corto es el que va del Polo Norte al Polo Sur; este «diámetro polar» tiene 12.711 kilómetros (7.900 millas) de longitud.

La diferencia entre el diámetro más corto y el más largo es de 44 kilómetros (27 millas); por tanto, el «achatación» de la Tierra (la medida en que se desvía de la esfericidad) es de $44/12.755$, ó 0,0034. Esta cantidad representa un tercio de un 1 por 100.

Digámoslo de otro modo: sobre una superficie plana, la curvatura es de 0 por milla (o kilómetro) en todas partes.

En la superficie de una esfera perfecta del tamaño de la Tierra la curvatura es de 0,000126 por milla en todas partes (u 8 pulgadas/20 cm por milla). En la superficie de la achatada esfera terrestre, la curvatura oscila entre 7,972 pulgadas (20,24 cm) por milla y 8,027 pulgadas (20,38 cm) por milla.

La corrección necesaria para pasar de la esfera al esferoide achatado es mucho menor que la necesaria para pasar de la superficie plana a la esfera. Por tanto, aunque en sentido estricto la teoría de que la Tierra es esférica no es correcta, no es tan incorrecta como la teoría de la Tierra plana.

En sentido estricto, incluso la teoría del esferoide achatado es incorrecta. En 1958, cuando el satélite Vanguard I fue puesto en órbita alrededor de la Tierra, pudo medir la atracción gravitatoria local de nuestro planeta, y, por tanto, su forma, con una precisión sin precedentes. Se descubrió que el abombamiento ecuatorial es ligeramente mayor al sur que al norte del Ecuador, y que el nivel del mar está ligeramente más próximo al centro de la Tierra en el Polo Sur que en el Polo Norte.

La única manera de describir este fenómeno parecía ser la de decir que la Tierra tiene forma de pera, con lo que inmediatamente mucha gente pensó que la Tierra no guardaba el más mínimo parecido con una esfera y que era más bien una especie de pera limonera columpiándose por el espacio. La verdad es que la desviación de la Tierra con respecto al esferoide achatado perfecto se mide en metros y no en kilómetros, y las correcciones que se hicieron en su curvatura eran del orden de las millonésimas de centímetros por kilómetro.

Abreviando: mi amigo el especialista en literatura inglesa, que habita un Universo mental de correctos e incorrectos absolutos, puede creer que, como todas las teorías están equivocadas, puede que ahora se crea que la Tierra es esférica y que el siglo que viene se crea que es cúbica, al siguiente que es un icosaedro hueco, y al otro que tiene forma de «donut».

Lo que ocurre en realidad es que una vez que los científicos dan con una buena teoría, se dedican a mejorarla y ampliarla con un grado cada vez mayor de sutileza a medida que van disponiendo de mejores instrumentos de medición. No es que las teorías sean incorrectas; más bien están incompletas.

Esto es aplicable a muchos otros casos, no sólo a la forma de la Tierra. Incluso cuando parece que una nueva teoría supone toda una revolución, por lo general ha surgido a partir de pequeñas correcciones. Si fuera necesario algo más que una pequeña corrección, entonces la vieja teoría no habría durado tanto tiempo.

Copérnico pasó de un sistema planetario geocéntrico a otro heliocéntrico. Al hacerlo pasó de algo que parecía obvio a otra cosa en apariencia absurda. Pero sólo era cuestión de encontrar métodos mejores para calcular el movimiento de los planetas en el cielo, y con el tiempo la teoría geocéntrica fue descartada. Esta vieja teoría estuvo vigente durante tanto tiempo precisamente porque, según los baremos de medida de entonces, ofrecía resultados bastante aceptables.

Del mismo modo, como las formaciones geológicas de la Tierra cambian tan lentamente y los seres que habitan sobre su superficie evolucionan tan lentamente, en un primer momento parecía razonable suponer que no se producían cambios y que la Tierra y la vida siempre habían sido como en el momento presente. De ser así, no tendría importancia que la Tierra y la vida tuvieran miles de millones de años de antigüedad o sólo unos cuantos miles.

Y los miles eran medidas más fáciles de abarcar.

Pero cuando las cuidadosas observaciones demostraron que la Tierra y la vida sufrían cambios a una velocidad muy pequeña, pero no igual a cero, se hizo evidente que ambas tenían que ser muy antiguas. así nació la geología moderna, y también el concepto de evolución biológica.

Si estos cambios fueran más rápidos, la geología y la evolución habrían llegado ya en la antigüedad al punto en que se encuentran ahora. Sólo el hecho de que la diferencia entre la velocidad de los cambios en un Universo estático y en un Universo evolutivo se encuentra entre el cero y una cifra muy próxima al cero ha permitido a los creacionistas seguir propagando sus insensateces.

¿Y qué decir de las dos grandes teorías del siglo XX: la de la relatividad y la de la mecánica cuántica?

Las teorías de Newton sobre el movimiento y la gravitación se acercaban mucho a la verdad, y si la velocidad de la luz fuera infinita habría acertado por completo. Pero la velocidad de la luz es finita, y había que tener en cuenta este hecho en las ecuaciones relativistas de Einstein, que eran una ampliación y un perfeccionamiento de las ecuaciones de Newton.

Podrían ustedes objetar que la diferencia entre infinito y finito es en sí misma infinita, así que ¿por qué las ecuaciones de Newton no cayeron inmediatamente por su base? Considerémoslo de otra manera, preguntándonos, en primer lugar, cuánto tarda la luz en recorrer una distancia de un metro.

Si la luz se desplazara a una velocidad infinita, tardaría 0 segundos en recorrer un metro. Pero a la velocidad real de la luz, tarda 0,0000000033 segundos. Einstein corrigió esta diferencia entre 0 y 0,0000000033.

Conceptualmente; esta corrección era tan importante como lo fue la de la curvatura de la Tierra de 0 a 20 por milla. Las partículas subatómicas en movimiento no se comportarían como lo hacen sin esta corrección, y los aceleradores de partículas tampoco funcionarían de la manera en que lo hacen,

ni explotarían las bombas atómicas, ni brillarían las estrellas. No obstante, se trataba de una corrección minúscula, y no es de extrañar que Newton no pudiera tomarla en consideración en su época, ya que sus observaciones estaban limitadas a velocidades y distancias para las que esta corrección era insignificante.

Del mismo modo, el principal fallo de la física precuántica es que no tomaba en consideración la «granulación» del Universo. Se creía que todas las formas de energía eran continuas y capaces de subdividirse indefinidamente en cantidades cada vez más pequeñas.

Esto resultó no ser cierto. La energía se propaga en cuantos, cuya magnitud depende de algo llamado la constante de Planck. Si la constante de Planck fuera igual a 0 ergio-segundos, entonces la energía sería continua y el Universo no presentaría esta granulación. Pero la constante de Planck es igual a 0,000000000000000000000000066 ergio-segundos. Una desviación del cero verdaderamente pequeña, tan pequeña que no era necesaria tenerla en cuenta para las cuestiones ordinarias relativas a la energía de la vida diaria. Pero cuando se trabaja con partículas subatómicas, esta granulación es lo bastante considerable en comparación como para que resulte imposible obtener ningún resultado sin tener en cuenta las consideraciones cuánticas.

El hecho de que las correcciones a las teorías sean cada vez menos importantes, indica que incluso las que son bastante antiguas tienen que haber sido suficientemente correctas como para estar abiertas a nuevos avances; avances que las correcciones posteriores no han suprimido.

Por ejemplo: los griegos introdujeron el concepto de latitud y longitud, y confeccionaron mapas bastante correctos de la cuenca mediterránea aun sin tener en cuenta la esfericidad de la Tierra, y en la actualidad seguimos utilizando la latitud y la longitud.

Probablemente fueran los sumerios los primeros en instituir el principio de que los movimientos de los planetas en el cielo siguen pautas regulares y son predecibles, y en emprender la tarea de descubrir maneras de realizar estas predicciones, aunque suponían que la Tierra era el centro del Universo. Sus mediciones han sido tremendamente mejoradas, pero el principio sigue siendo válido.

La teoría de la gravitación de Newton, aunque no cubre las grandes distancias y velocidades, es perfectamente adecuada para el Sistema Solar. El cometa Halley aparece puntualmente en los momentos previstos por la teoría de la gravitación y las leyes del movimiento de Newton. Toda la ciencia de los cohetes está basada en las teorías de Newton, y el Voyager II llegó a Urano con un segundo de diferencia sobre el momento previsto. Ninguna de estas cosas ha perdido su vigencia con la teoría de la relatividad.

En el siglo XIX, antes de que se soñara siquiera con la teoría cuántica, fueron enunciadas las leyes de la termodinámica. La primera ley es la de la conservación de la energía, y la segunda la del inevitable aumento de la entropía. También se enunciaron otras leyes de la conservación, como la del momento, la del momento angular y la de la carga eléctrica, así como las leyes de Maxwell sobre el electromagnetismo. Todas estas leyes siguieron firmemente arraigadas incluso después de la aparición de la teoría cuántica.

Como es natural, las teorías actuales pueden considerarse incorrectas en el sentido simplista que da a la palabra mi corresponsal especialista en literatura inglesa; pero, en un sentido mucho más verdadero y sutil, sólo hay que considerarlas incompletas.

Por ejemplo: la teoría cuántica ha producido algo conocido como «incongruencia cuántica», que pone seriamente en cuestión la naturaleza misma de la realidad y que plantea acertijos filosóficos que los físicos parecen sencillamente incapaces de admitir. Es posible que hayamos llegado a un

punto en el que el cerebro humano es simplemente incapaz de comprender los hechos, y también es posible que la teoría cuántica esté incompleta, y que una vez adecuadamente ampliada, desaparezcan todas las «incongruencias».

Del mismo modo, la teoría cuántica y la de la relatividad son aparentemente independientes, de tal manera que, mientras según la teoría cuántica parecería posible que tres de las cuatro interacciones que se conocen puedan combinarse en un solo sistema matemático, la gravedad -el dominio de la teoría de la relatividad- se ha resistido por el momento a todos los esfuerzos.

Si fuera posible combinar la teoría cuántica y la de la relatividad, se abriría la posibilidad de formular una verdadera «teoría de campos unificada».

Pero una vez conseguido todo esto, todavía quedaría una corrección aun más sutil por hacer, que afectaría a las fronteras de nuestro conocimiento: la naturaleza del Big Bang y de la creación del Universo, las propiedades que rigen en el centro de los agujeros negros, algunas sutilezas relativas a la evolución de las galaxias y de las supernovas, y así sucesivamente.

Pero prácticamente todo lo que sabemos hoy en día permanecerá sin alteraciones, y creo que tengo motivos para decir que me alegro de vivir en un siglo en el que comprendemos los principios básicos del Universo.

NOTA

En la introducción a este artículo me he referido a John W. Campbell. Jr. (1910-1971), el mejor editor que ha existido y que es probable que exista en esta profesión.

Nos conocimos en 1938. y nos hicimos muy amigos. Durante años examinó atentamente mis escritos y discutió conmigo mis historias, y me aconsejaba a la hora de revisar historias antiguas y de escribir otras nuevas. El solo me enseñó más cosas sobre la ciencia-ficción que todas las que pueda haber aprendido de otras personas, y siempre he mantenido que le debo mi carrera.

También era importante para mí en otro aspecto del que no hablo con tanta frecuencia. Quizá ya es hora de que lo mencione aquí. John Campbell sabía todo lo que hay que saber sobre la ciencia-ficción, pero también sabía todo lo que hay que saber sobre los errores de concepto y las deformaciones relativas a la ciencia y a la sociedad.

Cuando no hablaba de ciencia-ficción. siempre estaba equivocado..., pero era tan inteligente y persuasivo que resultaba casi imposible probar que estaba equivocado, por muy ridículo que fuera su punto de vista.

Como siempre estaba intentando convencerle, adquirí muchísima práctica en el arte de la discusión; él aguzó mi capacidad de aducir argumentos lógicos casi hasta el infinito. Es posible que lo hiciera a propósito.