

## La Relatividad Del Error (Isaac Asimov)

■ El otro día recibí una carta de un lector. Estaba escrita con una caligrafía retorcida y resultaba difícil de leer. Sin embargo, intenté descifrarla por si contenía algo importante.

El remitente empezaba contándome que se estaba especializando en literatura inglesa, pero que sentía la necesidad de enseñarme ciencia. (Yo suspiré un poco, porque conozco muy pocos especialistas en literatura inglesa que estén preparados para enseñarme ciencia, aunque soy muy consciente de la vastitud de mi ignorancia y estoy dispuesto a aprender todo lo que pueda de cualquier persona, por baja que esté en la escala social. O sea, que continúe leyendo).

Parece ser que en uno de mis innumerables ensayos, aquí o en otro lugar, había expresado una cierta alegría por vivir en un siglo en el cual habíamos comprendido finalmente la base del universo.

No entré mucho en materia, pero mi intención era explicar que ahora conocíamos las reglas básicas que gobiernan el universo y las relaciones mutuas gravitatorias entre sus componentes grandes, según la teoría de la relatividad elaborada entre 1905 y 1916. También conocemos las reglas básicas que rigen las partículas subatómicas y sus relaciones mutuas, puesto que todas ellas están descritas muy sucintamente por la teoría cuántica elaborada entre 1900 y 1916. Además, hemos descubierto que las galaxias y los cúmulos galácticos son las unidades básicas del universo físico, tal como se descubrió entre 1920 y 1930.

Como ven, todos estos descubrimientos se han realizado en el siglo XX.

El joven especialista en literatura inglesa, después de citarme, me sermoneaba con severidad señalando que en cualquier siglo la gente ha pensado que comprendía finalmente el universo, a pesar de que en cualquier siglo ha resultado que esta gente estaba equivocada. Se deduce de ello que lo único que podemos decir sobre nuestro "conocimiento" moderno es que está equivocado.

El joven citaba luego con aprobación el comentario de Sócrates al saber que el oráculo de Delfos había proclamado que era el hombre más sabio de Grecia. "Si soy el hombre más sabio -dijo Sócrates- es porque soy el único que sabe que no sabe nada". En consecuencia yo era muy tonto porque tenía la sensación de que sabía muchas cosas.

Por desgracia, nada de eso era nuevo para mí. (Hay pocas cosas que sean nuevas para mí: me gustaría que quienes me escriben se dieran cuenta de ello). Me aplicó esta tesis concreta hace un cuarto de siglo John Campbell, quien se había especializado en irritarme. Campbell agregó también que a su debido tiempo todas las teorías han resultado falsas.

La respuesta que le di fue: "John, cuando las personas creían que la Tierra era plana, estaban equivocadas. Cuando creían que la Tierra era esférica, estaban equivocadas. Pero si tú crees que considerar la tierra esférica es tan equivocado como creer que la Tierra es plana, entonces tus ideas están más equivocadas que las dos ideas anteriores juntas". Como ven, el problema principal es que la gente cree que "correcto" y "equivocado"

son absolutos, que todo lo que no es correcto de modo perfecto y completo está equivocado de modo total e igual.

Yo no opino esto. Creo que correcto y equivocado son conceptos borrosos, y voy a dedicar este ensayo a explicar por qué opino así.

■ En primer lugar acabemos con Sócrates, porque ya estoy harto y cansado de este invento de que no saber nada es un signo de sabiduría.

No hay nadie que no sepa nada. En sólo cuestión de días los bebés aprenden a reconocer a sus madres.

Sócrates, como es lógico, estaría de acuerdo en esto y explicaría que él no se refería al conocimiento de cosas triviales. Se refería a que en las grandes abstracciones sobre las que discuten los seres humanos uno debe comenzar sin nociones preconcebidas y no examinadas, y que él era el único que sabía esto. (¡Qué pretensión tan enormemente arrogante!) Sócrates, en sus explicaciones sobre temas como "¿Qué es la justicia?" o "¿Qué es la virtud?", adoptaba la actitud de decir que él no sabía nada y que los demás tenían que instruirle.

(Esto se llama "ironía socrática", porque Sócrates sabía perfectamente que conocía muchas más cosas que los pobres hombres que escogía como interlocutores). Al pretender ignorancia, Sócrates tentaba a los demás para que expusieran sus opiniones sobre estas abstracciones.

Después planteaba una serie de preguntas aparentemente ignorantes y obligaba a los demás a caer en una mezcla tal de contradicciones que al final se desanimaban y admitían que no sabían de qué hablaban.

Es una demostración de la maravillosa tolerancia de los atenienses el hecho de que durante decenios aguantaran esto y que no se cansaran hasta que Sócrates cumplió setenta años y le obligaron a beber la cicuta.

Ahora bien, ¿de dónde sacamos la idea de que lo "correcto" y lo "equivocado" son absolutos? Creo que esta idea tiene su origen en la primera enseñanza, cuando los niños saben muy poco y les enseñan maestros que sólo saben un poco más.

Los niños aprenden a deletrear y la aritmética, por ejemplo, y aquí tropezamos con aparentes absolutos.

¿Cómo deletreamos azúcar? Respuesta: a-z-ú-c-a-r. Esto es lo correcto. Cualquier otra respuesta está equivocada. ¿Cuánto son  $2 + 2$ ? La respuesta es 4. Esto es lo correcto. Cualquier otra respuesta está equivocada.

Tener respuestas exactas, y tener cosas absolutamente correctas y equivocadas reduce la necesidad de pensar, y esto gusta tanto a los alumnos como a los profesores. Por esto motivo, tanto alumnos como profesores prefieren exámenes con respuestas breves a exámenes de redacción; exámenes de alternativas múltiples a exámenes con respuestas breves en blanco; y exámenes cierto-falso a exámenes donde hay que escoger entre varias alternativas.

Pero en mi opinión los exámenes con respuestas breves no sirven para medir la comprensión que un

alumno tiene de un tema. Son exámenes que demuestran simplemente la memoria que tienen para recordar cosas.

Ustedes podrán entender a qué me refiero cuando admitan que las nociones de correcto y equivocado son relativas.

¿Cómo deletreamos "azúcar"? Supongamos que Alice responde p-q-z-z-f y que Genevieve responde s-ú-c-a-r.

Ambas respuestas están equivocadas, pero no hay duda de que la respuesta de Alice está más equivocada que la de Genevieve.

O supongamos que deletreamos "azúcar" de esta manera: s-u-c-r-o-s-a, o bien C12H22O11. Estrictamente hablando nos hemos equivocado en los dos casos, pero estamos exhibiendo un cierto conocimiento del tema que va más allá de una ortografía convencional.

Supongamos que la pregunta del examen fuera: ¿de cuántas maneras diferentes puede deletrearse "azúcar"? Justificar cada una de ellas.

Es evidente que el alumno tendrá que pensar mucho y que al final deberá demostrar lo mucho o lo poco que sabe.

El profesor deberá pensar también mucho para intentar evaluar lo mucho o lo poco que sabe el alumno. Supongo que ambos se sentirán indignados.

Preguntemos de nuevo cuánto es  $2 + 2$ . Supongamos que Joseph dice:  $2 + 2 =$  púrpura, y que Maxwell dice:  $2 + 2 = 17$ . Ambos están equivocados, pero sería justo decir que Joseph se ha equivocado más que Maxwell.

Supongamos que decimos:  $2 + 2 =$  un entero. La respuesta sería correcta, ¿no? O supongamos que respondemos:  $2 + 2 =$  un entero par. Sería todavía más correcta. O supongamos que decimos:  $2 + 2 = 3,999$ . ¿No estaríamos casi en lo cierto?

Si el maestro quiere que le den 4 de respuesta y no quiere distinguir entre las diversas respuestas equivocadas, ¿no supone esto fijar un límite innecesario a la comprensión? Supongamos que la pregunta es cuánto suman  $9 + 5$  y que el alumno responde 2. ¿No será criticado y ridiculizado, y no se le comunicará que la respuesta es  $9 + 5 = 14$ ?

Si luego le dicen que han pasado 9 horas desde medianoche, y que por lo tanto son las 9, y le preguntan qué hora será dentro de 5 horas, y el alumno responde las 14 basándose en que  $9 + 5 = 14$ , ¿no será criticado de nuevo diciéndole que serían las 2? Al parecer en este caso la respuesta válida sí es  $9 + 5 = 2$ .

O supongamos de nuevo que Richard dice:  $2 + 2 = 11$ , y que antes de que el maestro le envíe a casa con una nota para su madre, añade:

-En base 3, claro.

Richard tendría ahora razón.

He aquí otro ejemplo. El maestro pregunta:

-¿Quién es el cuadragésimo presidente de Estados Unidos?

Y Barbara responde:

-No hay ninguno, señor maestro.

-¡Falso! -dice el maestro-. Ronald Reagan es el cuadragésimo presidente de Estados Unidos.

-De ningún modo -dice Barbara-. Tengo aquí una lista de todas las personas que han desempeñado el cargo de presidente de Estados Unidos según la Constitución, desde George Washington a Ronald Reagan, y sólo son treinta y nueve, por lo tanto el presidente cuarenta no existe.

-Ah -dice el maestro-, pero Grover Cleveland desempeñó dos mandatos no consecutivos, el primero de 1885 a 1889 y el segundo de 1893 a 1897. Cuenta como el presidente vigésimo segundo y el presidente vigésimo cuarto.

Por esto Ronald Reagan es la persona número treinta y nueve que ha desempeñado el cargo de presidente de Estados Unidos y al mismo tiempo es el presidente cuadragésimo de Estados Unidos.

¿No es ridículo? ¿Por qué cuentan dos veces a una persona si sus mandatos no son consecutivos y sólo una vez cuando los mandatos son consecutivos? ¡Simple convención! Sin embargo, Barbara recibe una mala nota, tan mala como si hubiera dicho que el cuadragésimo presidente de Estados Unidos es Fidel Castro.

Por lo tanto, cuando mi amigo, el experto en literatura inglesa, me dice que cada siglo los científicos creen que han descubierto el funcionamiento del universo y que siempre se equivocan, lo que me interesa saber es hasta qué punto se equivocaron. ¿Sufrieron el mismo grado de error? Pongamos un ejemplo.

En los primeros días de la civilización, la idea general era que la Tierra era plana.

Esto no se debía a que la gente fuera tonta, o a que les gustara creer estupideces. Pensaban que era plana basándose en pruebas sólidas. No era sólo una cuestión de responder "éste es el aspecto que tiene", porque la Tierra no parece plana. Su aspecto es accidentado y caótico, con colinas, valles, barrancos, precipicios, etc.

Desde luego, también hay llanuras en las que, sobre zonas limitadas, la superficie de la Tierra parece bastante plana.

Una de estas llanuras es la zona del Tigris y el Éufrates donde se desarrolló la primera civilización histórica (una civilización con escritura), la de los sumerios.

Quizá fue el aspecto de la llanura lo que llevó a los inteligentes sumerios a aceptar la generalización de que la Tierra era plana, pensando que si pudieran igualarse todas las elevaciones y depresiones, el resultado sería plano.

Puede haber contribuido a esta idea el hecho de que las superficies de agua (estanques y lagos) parecen bastante planas en días tranquilos.

Otra manera de considerar el tema es preguntarnos qué es la "curvatura" de la superficie de la Tierra. ¿Hasta qué punto se desvía (en promedio) esta superficie, a lo largo de una distancia considerable, de una

superficie perfectamente plana? La teoría de la Tierra plana nos dirá que la superficie real no se desvía nada de la superficie plana, que su curvatura es de 0 por kilómetro.

Hoy en día, como es evidente, se nos enseña que la teoría de la Tierra plana está equivocada; que está equivocada, terriblemente equivocada, absolutamente equivocada.

Pero esto no es cierto. La curvatura de la Tierra es de casi 0 por kilómetro, por lo que, si bien la teoría de la Tierra plana está equivocada, resulta ser casi correcta. Esto explica que la teoría durara tanto.

Como es lógico, hay motivos que explican el carácter poco satisfactorio de la teoría de la Tierra plana, y hacia el 350 a. J.C. el filósofo griego Aristóteles los resumió.

En primer lugar, algunas estrellas desaparecen detrás del hemisferio sur cuando uno viaja hacia el Norte, y detrás del hemisferio norte cuando uno viaja hacia el Sur. En segundo lugar, la sombra de la Tierra sobre la Luna durante un eclipse lunar es siempre un arco de círculo. En tercer lugar, aquí en la misma Tierra, los buques desaparecen detrás del horizonte primero por el casco, en cualquier dirección en que estén navegando.

Estas tres observaciones podrían explicarse de modo razonable si la superficie de la Tierra fuera plana, pero también podrían explicarse suponiendo que la Tierra es una esfera.

Aristóteles, además, creía que toda la materia sólida tendía a desplazarse hacia un centro común, y si la materia sólida hiciera esto acabaría formando una esfera. Un volumen dado de materia está en promedio más cerca de un centro común si es una esfera que si tiene cualquier otra forma.

Un siglo aproximadamente después de Aristóteles, el filósofo griego Eratóstenes observó que el Sol proyectaba sombras de longitudes diferentes en latitudes diferentes (todas las sombras tendrían la misma longitud si la superficie de la Tierra fuera plana). A partir de la diferencia de longitud de las sombras calculó el tamaño de la esfera terrestre, que resultó tener una circunferencia de cuarenta mil kilómetros.

La curvatura de esta esfera es aproximadamente de 0,0000786 por kilómetro, una cantidad muy próxima a 0 por kilómetro, como puede observarse, y que no podía medirse fácilmente con las técnicas de que disponían los antiguos. La pequeña diferencia entre 0 y 0,0000786 explica que tuviera que transcurrir tanto tiempo para poder pasar de una Tierra plana a una Tierra esférica.

Fijémonos en que una diferencia muy pequeña, como la existente entre 0 y 0,0000786, puede ser muy importante. Esta diferencia se suma. La Tierra no puede cartografiarse sobre grandes superficies con cierta precisión si no se tiene en cuenta esta diferencia y si la Tierra no se considera una esfera en lugar de una superficie plana. No pueden emprenderse largos viajes oceánicos con la seguridad de poder localizar de modo razonable la posición en el océano si la Tierra no se considera esférica en lugar de plana.

Además, la Tierra plana hace pensar que la Tierra es infinita, o que su superficie tiene un "final". En cambio, la teoría de la Tierra esférica postula una Tierra que es al mismo tiempo finita y limitada, y este último postulado concuerda con todos los descubrimientos posteriores.

Por lo tanto, aunque la teoría de la Tierra plana sólo esté ligeramente equivocada y diga mucho en favor

de sus inventores, es lo suficientemente equivocada para que deba rechazarse en favor de la teoría de la Tierra esférica.

Y, sin embargo, ¿es la Tierra una esfera?

No, no es una esfera, no lo es en el sentido matemático estricto. Una esfera tiene algunas propiedades matemáticas: por ejemplo, todos los diámetros (es decir, todas las líneas rectas que pasan por un punto de su superficie, por el centro y por otro punto de su superficie) tienen la misma longitud.

Sin embargo, esto no se cumple en la Tierra. Distintos diámetros de la Tierra tienen distinta longitud.

¿Qué convenció a la gente de que la Tierra no era una esfera auténtica? En primer lugar, el Sol y la Luna tienen perfiles que son círculos perfectos dentro de los límites de la medición en la primera época del telescopio. Esto concuerda con la idea de que el Sol y la Luna tienen una forma perfectamente esférica.

Sin embargo, cuando los primeros observadores telescópicos observaron Júpiter y Saturno vieron claramente que los perfiles de estos planetas no son círculos, sino elipses bien marcadas.

Esto significa que Júpiter y Saturno no son auténticas esferas.

Isaac Newton, hacia fines del siglo XVII, demostró que un cuerpo de gran masa formará una esfera bajo la atracción de las fuerzas gravitatorias (exactamente como Aristóteles había argumentado), pero solamente si no gira. Si el cuerpo gira, se producirá un efecto centrífugo que empujará la materia del cuerpo contra la gravedad, y este efecto será mayor cuanto más nos acerquemos al ecuador. El efecto será también mayor cuanto más rápidamente gire un objeto esférico, y desde luego Júpiter y Saturno giran muy rápidamente.

La Tierra gira mucho más lentamente que Júpiter o Saturno, por lo tanto el efecto deberá ser menor, pero continuará notándose.

En el siglo XVII se hicieron mediciones reales de la curvatura de la Tierra que confirmaron la teoría de Newton.

Dicho con otras palabras, la Tierra tiene una protuberancia ecuatorial. La Tierra está achatada por los polos.

Es un "esferoide achatado por los polos" y no una esfera.

Esto significa que los distintos diámetros de la Tierra tienen longitudes diferentes. Los diámetros más largos son los que van de un punto cualquiera del ecuador al punto opuesto en el mismo ecuador. Este "diámetro ecuatorial" es de 12.755 kilómetros. El diámetro más corto es el que va del Polo Norte al Polo Sur; este "diámetro polar" es de 12.711 kilómetros.

La diferencia entre los diámetros más largo y más corto es de 44 kilómetros, y esto significa que el achatamiento de la Tierra (la diferencia con respecto a una esfericidad exacta) es de  $44/12.755$ , o sea 0,0034. Esto equivale a  $1/3$  de un 1%.

Dicho de otro modo, sobre una superficie plana, la curvatura es de 0 por kilómetro en todas partes. Sobre la superficie esférica de la Tierra, la curvatura es 12,5 centímetros por kilómetro en todas partes.

Sobre la superficie esferoidal achatada, la curvatura varía de 12,657 centímetros por kilómetro hasta 12,742 centímetros por kilómetro.

La corrección necesaria para pasar de la esfera al esferoide achatado es mucho menor que para pasar de un plano a una esfera. Por lo tanto, aunque en sentido estricto sea equivocada la idea de que la Tierra es una esfera, no es tan equivocada como la idea de que la Tierra es plana.

Incluso la idea de que la Tierra es un esferoide achatado no es estrictamente correcta. En 1958, cuando se puso en órbita alrededor de la Tierra el satélite Vanguard 1, pudo medirse la atracción gravitatoria local de la Tierra, y por lo tanto su forma, con una precisión sin precedentes. Resultó que la protuberancia ecuatorial al sur del ecuador era algo más pronunciada que la protuberancia al norte del ecuador, y que el nivel del mar en el Polo Sur estaba algo más próximo al centro de la Tierra que el nivel del mar en el Polo Norte.

Pareció inevitable explicar el hecho diciendo que la Tierra tenía forma de pera, e inmediatamente la gente decidió que la Tierra no era una esfera sino que tenía la forma de una pera suspendida en el espacio. En realidad, la desviación de esta pera en relación con un esferoide achatado perfecto es de metros en lugar de kilómetros, y el ajuste de la curvatura es de millonésimas de centímetro por kilómetro.

En definitiva, mi querido amigo de literatura inglesa que vive en un mundo mental de corrección e incorrección absolutas, puede pensar que la Tierra actualmente quizá sea esférica, pero que en el próximo siglo, puesto que todas las teorías están equivocadas, se considerará cúbica, en el siguiente un icosaedro hueco y en el siguiente un "donut".

Lo que sucede en realidad es que los científicos cuando consiguen elaborar un concepto bueno lo refinan y lo amplían gradualmente con sutilidad creciente a medida que mejoran sus instrumentos de medición. Las teorías, más que equivocadas, son incompletas.

Esto puede aplicarse a muchos otros casos, aparte del de la forma de la Tierra. Incluso cuando una nueva teoría representa una revolución, su origen suelen ser pequeños refinamientos. Si se necesitara algo más que un pequeño refinamiento, la antigua teoría no habría durado nada.

Copérnico pasó de un sistema planetario centrado en la Tierra a un sistema centrado en el Sol. Al hacerlo, pasó de algo que era evidente a algo que al parecer era ridículo. Sin embargo, se trataba de encontrar procedimientos mejores para calcular el movimiento de los planetas en el cielo, y al final la teoría geocéntrica quedó arrinconada.

La antigua teoría se mantuvo durante tanto tiempo precisamente porque proporcionaba resultados que concordaban bastante bien con las normas de medición de su época.

Del mismo modo, al principio pareció razonable suponer que la Tierra no experimentaba cambios y que ella y la vida existieron siempre como ahora, debido precisamente a que las formaciones geológicas terrestres cambian muy lentamente. Si ello era cierto, no tenía ninguna importancia que la Tierra y la vida tuvieran miles de millones de años de edad o que sólo tuvieran miles de años, pero la idea de que tuvieran miles de

años era más fácil de entender.

Cuando observaciones cuidadosas demostraron que la Tierra y la vida cambian con una velocidad pe-queñísima, pero no nula, se comprendió que la Tierra y la vida tenían que ser muy antiguas.

Nació la moderna geología y con ella el concepto de la evolución biológica.

Si la velocidad de los cambios fuera más rápida, la geología y la evolución habrían alcanzado su estado moderno en la edad antigua. Los creacionistas pueden continuar haciendo propaganda de su locura única-mente porque la diferencia entre la velocidad de cambio en un universo estático y la velocidad de cambio en un universo evolutivo se sitúa entre cero y casi cero.

¿Qué podemos decir también sobre las dos grandes teorías del siglo XX, la relatividad y la mecánica cuántica?

Las teorías de Newton sobre el movimiento y la gravitación se aproximaban mucho a la verdad, y habrían sido absolutamente correctas si la velocidad de la luz hubiese sido infinita. Sin embargo, la velocidad de la luz es finita, y esto tuvo que tenerse en cuenta en las ecuaciones relativistas de Einstein, que son una ampliación y un refinamiento de las ecuaciones de Newton.

Uno podría replicar que la diferencia entre infinito y finito es también infinita, por lo tanto ¿por qué no quedaron invalidadas inmediatamente las ecuaciones de Newton? Expresemos esto de otro modo, y preguntemos cuánto tarda la luz en recorrer la distancia de un metro.

Si la luz se desplazara a una velocidad infinita, la luz tardaría 0 segundos en recorrer un metro. Sin embargo, a la velocidad con que se transmite la luz necesita 0,0000000033 segundos. La corrección que introdujo Einstein es esta diferencia entre 0 y 0,0000000033.

Desde el punto de vista conceptual, la corrección era tan importante como la corrección de la curvatura de la Tierra de 0 a 12,7 centímetros por kilómetro. Las partículas subatómicas a gran velocidad no se comportarían como lo hacen sin esta corrección, ni los aceleradores de partículas funcionarían como lo hacen, ni las bombas atómicas explotarían, ni las estrellas brillarían. Sin embargo, fue una corrección pequeñísima, y no es de extrañar que, en su época, Newton no pudiera tenerla en cuenta, puesto que sus observaciones estaban limitadas a velocidades y distancias en las que la corrección era insignificante.

También el concepto precuántico de la física fallaba porque no tenía en cuenta el carácter "granular" del universo. Se había pensado que todas las formas de energía eran continuas y que podían dividirse indefinidamente en cantidades cada vez menores.

Esto resultó incorrecto. La energía existe en cuantos, cuyo tamaño depende de algo llamado constante de Planck.

Si la constante de Planck fuera igual a 0 ergios-segundo, la energía sería continua, y no habría granu-losidad en el universo. Sin embargo, la constante de Planck es igual a 0,0000000000000000000000000066 ergios-segundo. Se trata realmente de una desviación pequeñísima en relación con cero, tan pequeñísima que



no es preciso tenerla en cuenta para las cuestiones corrientes de la energía en la vida cotidiana. Sin embargo, si uno trabaja con partículas subatómicas, la granulosidad es relativamente tan grande que es imposible ocuparse de ellas sin introducir consideraciones de índole cuántica.

Puesto que los refinamientos de la teoría son cada vez más pequeños, incluso teorías antiguas tuvieron que ser bastante correctas para permitir posteriores avances; avances que no fueron anulados por refinamientos consiguientes.

Los griegos introdujeron la noción de latitud y de longitud, por ejemplo, y confeccionaron mapas bastante buenos de la cuenca del Mediterráneo, sin tener siquiera en cuenta la esfericidad, y nosotros todavía utilizamos hoy en día la latitud y la longitud.

Los sumerios fueron probablemente los primeros en sentar el principio de que los movimientos planetarios en el cielo ofrecen una regularidad y pueden predecirse, y luego elaboraron métodos para hacerlo, aunque suponían que la Tierra era el centro del universo. Sus mediciones se han refinado enormemente, pero el principio sigue siendo el mismo. La teoría de la gravitación de Newton, si bien es incompleta cuando se aplica a grandes distancias y a velocidades enormes, es perfectamente adecuada para el sistema solar. El cometa Halley aparece puntualmente según predicen la teoría de la gravitación y las leyes del movimiento de Newton. Toda la ciencia de los misiles se basa en Newton y el Voyager 2 llegó a Urano a un segundo del tiempo previsto. Ninguna de estas cosas quedaron anuladas por la relatividad.

En el siglo XIX, antes de que pudiera soñarse en la teoría cuántica, se sentaron las leyes de la termodinámica a saber, la conservación de la energía como primera ley y el inevitable aumento de entropía como segunda ley. Se fijaron también otras leyes de conservación, como la conservación del momento, del momento angular y de la carga eléctrica. Lo mismo se hizo con las leyes del electromagnetismo de Maxwell. Todo quedó firmemente asentado, incluso después de la llegada de la teoría cuántica.

Es evidente que las teorías que tenemos actualmente podrían considerarse equivocadas en el sentido simplista de mi corresponsal de literatura inglesa, pero en un sentido mucho más cierto y sutil sólo necesitan considerarse incompletas.

Por ejemplo, la teoría cuántica ha producido algo llamado "extrañeza cuántica" que pone en entredicho la misma naturaleza de la realidad y que crea enigmas filosóficos sobre los cuales los físicos parece que no pueden ponerse de acuerdo. Quizá hemos alcanzado un punto en que el cerebro humano ya no puede comprender las cosas, o quizá la teoría cuántica es incompleta y cuando se amplíe toda su "extrañeza" desaparecerá.

También la teoría cuántica y la relatividad parecen ser independientes una de otra, de modo que si bien la teoría cuántica permite, al parecer, combinar en un único sistema matemático tres de las cuatro interacciones conocidas, la gravitación -el reino de la relatividad- parece que continúa mostrándose intransigente.

Si la teoría cuántica y la gravedad pudieran combinarse quizá sería posible una auténtica "teoría unificada

de Campo".

Sin embargo, si todo esto se consigue, continuará siendo un refinamiento más que afectará las fronteras de lo conocido: la naturaleza de la gran explosión primordial y la creación del universo, las propiedades en el centro de los agujeros negros, algunos puntos sutiles sobre la evolución de las galaxias y de las supernovas, etc.

En cambio, casi todo lo que sabemos hoy continuará inalterado, y cuando digo que estoy contento de vivir en un siglo que ha comprendido el universo de modo esencial, creo que estoy justificado para hacerlo.