

# La revolución que nunca ocurrió

STEVEN WEINBERG

Leí por primera vez el ramoso libro de Thomas Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas I* (LERC) hace un cuarto de siglo, poco después de la publicación de su segunda edición. Había conocido a Kuhn superficialmente cuando estábamos juntos en la facultad, en Berkeley, a principios de los sesenta, pero lo llegué a admirar más tarde, cuando vino al MIT. Su libro me entusiasmó y evidentemente otros sintieron lo mismo. Poco después de la muerte de Kuhn en 1996, el sociólogo Clifford Geertz señaló que su libro "había abierto la puerta al surgimiento de la sociología del conocimiento" dentro del estudio de las ciencias. Las ideas de Kuhn fueron invocadas una y otra vez en el reciente conflicto sobre la relación entre la ciencia y la cultura, conocido como la guerra de las ciencias.

*La estructura de las revoluciones científicas* describe la historia de la ciencia como un proceso cíclico. En él hay periodos de "ciencia normal" que se caracterizan por lo que Kuhn algunas veces llamó "paradigma" y otras denominó "una matriz disciplinaria común". Independientemente de cómo uno lo nombre, describe una visión de consenso: en un periodo de ciencia normal, los científicos tienden a estar de acuerdo acerca de qué fenómenos son relevantes y de qué constituye una explicación de ellos, sobre qué problemas merecen solución y de cuál es ésta. Cerca del final de los periodos de ciencia normal ocurre una crisis, los experimentos dan resultados que no se ajustan a las teorías, o se descubren dentro de ellas contradicciones internas. Hay alarma y confusión, las ideas extrañas llenan la literatura científica, y entonces hay una revolución. Los científicos se convierten a una nueva forma de observar la Naturaleza de la que resulta un nuevo periodo de ciencia normal. El "paradigma" cambió.

Tomando un ejemplo al que se le pone una atención especial en LERC, después de la amplia aceptación de las teorías de la física newtoniana, del paradigma newtoniano del siglo XIX, comenzó un periodo de ciencia normal en el estudio del movimiento y la gravitación. Los científicos utilizaron la teoría newtoniana para incrementar la precisión de los cálculos de las órbitas planetarias, que condujeron a espectaculares éxitos como la predicción en 1846

de la existencia y la órbita del planeta Neptuno antes de que los astrónomos lo descubrieran. Al final del siglo XIX hubo una crisis: una falla en la comprensión del movimiento de la luz. Este problema se resolvió mediante un cambio de paradigma, la revisión revolucionaria del entendimiento del espacio y el tiempo que llevó a cabo Einstein en la década de 1905 a 1915. El movimiento afecta el flujo del tiempo; materia y energía pueden ser convertidos uno en otro, y la gravitación es una curvatura en el espacio tiempo. La teoría de la relatividad de Einstein se volvió entonces el nuevo paradigma, y el estudio del movimiento y la gravitación entraron en un nuevo periodo de ciencia normal.

Aunque uno puede preguntarse sobre el grado en que la teoría cíclica de las revoluciones científicas se ajusta a lo que sabemos de la historia de la ciencia, la teoría no es en sí misma muy perturbadora, ni habría hecho famoso el libro de Kuhn. Para mucha gente, la reinención del término *paradigma* es o lo más inútil o lo más objetable, pues en inglés ordinario esta palabra significa realizar algo que sirve como modelo para un futuro trabajo.

Este es el sentido en el que Kuhn había utilizado esta palabra en su primer libro<sup>2</sup> sobre la revolución científica asociada a Copérnico, y uno de los sentidos en el que la siguió utilizando ocasionalmente.

El primer crítico que habló del nuevo uso de la palabra *paradigma* en LERC fue el presidente de Harvard James Bryant Conant. Kuhn había empezado su carrera de historiador como asistente de Conant, en un curso de licenciatura en Harvard, cuando éste le pidió que preparara un estudio de caso sobre historia de la mecánica. Después de ver un bosquejo de LERC, Conant le reprochó a Kuhn: "parece que te has enamorado de la palabra paradigma", es "una palabra mágica para explicar todo". Pocos años después Margaret Masterman hizo notar que Kuhn había utilizado la palabra "paradigma" en cerca de veinte sentidos distintos. Sin embargo, la disputa sobre la palabra no me parece importante. Kuhn tenía razón en que más que una serie de teorías explícitas, lo que existe es un consenso científico. Necesitamos una palabra para el complejo de actitudes y tradiciones que van junto con nuestras teorías en un periodo de ciencia normal, y *paradigma* lo hará tan bien como otras. Lo que me preocupa a mí al releer LERC y otros de sus escritos posteriores son sus conclusiones radicalmente escépticas sobre lo que se lleva a cabo en el trabajo científico.' Y son justamente estas conclusiones las que han hecho de Kuhn un héroe para los filósofos, historiadores, sociólogos y críticos culturales que cuestionan el carácter objetivo del conocimiento científico y prefieren describir las teorías científicas como construcciones sociales, no muy distintas de la democracia o del beisbol.

Kuhn hizo que el cambio de un paradigma a otro pareciera más una conversión religiosa que un ejercicio de la razón. Dijo que nuestras teorías se transforman tanto en un cambio de paradigma que es casi imposible para los científicos después de una revolución científica ver cosas que ya habían visto con el paradigma anterior. Kuhn comparó este cambio de un paradigma a otro con un movimiento gestáltico, como la ilusión óptica creada por las ilustraciones que parecen ser conejos blancos sobre un fondo negro y que de repente aparecen como cabras negras sobre un fondo blanco. Pero para Kuhn el cambio es más profundo; agregó que "el científico no conserva la libertad de su gestalt personal para ir y venir entre distintas maneras de ver".

Kuhn va más allá y dice que en las revoluciones científicas no sólo cambian nuestras teorías sino los propios criterios con los que estas teorías son juzgadas, por lo que los paradigmas que gobiernan los periodos sucesivos de ciencia normal son inconmensurables. Llega a la conclusión de que, dado que un cambio de paradigma significa el completo abandono del paradigma anterior, y que como no hay un criterio común para juzgar las teorías científicas que se desarrollan bajo distintos paradigmas, puede no tener sentido decir que aquellas teorías desarrolladas después de una revolución científica se han añadido acumulativamente a aquello que se sabía antes de ésta. Sólo en el contexto del paradigma podemos decir que una teoría es verdadera o falsa. Kuhn en LERC concluye tentativamente: "Para ser más precisos, tenemos que renunciar a la noción explícita o implícita de que los cambios de paradigma conducen a los científicos y a sus discípulos cada vez más cerca de la verdad." Más recientemente, en su conferencia Rothschild en Harvard, en 1992, Kuhn señaló que es difícil imaginar lo que se quiere dar a entender con la frase de que una teoría científica nos lleva "cada vez más cerca de la verdad".

Kuhn no negaba que había un progreso en la ciencia, lo que negaba es que éste fuera en alguna dirección. Utilizaba frecuentemente la metáfora de la evolución biológica: el progreso científico para él era como la evolución descrita por Darwin: un proceso impulsado desde atrás, más que arrastrado hacia una meta fija que se acerca siempre cada

vez más. Para él, la selección natural de las teorías científicas es impulsada por la solución de un problema. Cuando, durante un periodo de ciencia normal, resulta que ciertos problemas no pueden resolverse utilizando las teorías existentes, las nuevas ideas proliferan, y las ideas que sobreviven son las que resuelven mejor estos problemas. Pero, de acuerdo con Kuhn, al igual que no hay nada inevitable en que los mamíferos aparecieran en el Cretácico y en que los dinosaurios no sobrevivieran cuando un cometa chocó con la Tierra, no hay nada en la naturaleza que hubiera hecho inevitable que nuestra ciencia evolucionara en la dirección de las ecuaciones de Maxwell o de la relatividad general. Kuhn reconoce que las teorías de Maxwell y las de Einstein son mejores que las que las precedieron, en el mismo sentido en que los mamíferos resultaron ser mejores para sobrevivir que los dinosaurios a los efectos del impacto del cometa, pero cuando surgen nuevos problemas las teorías deben ser reemplazadas por unas nuevas que sean mejores para resolver estos problemas y así sucesivamente, sin ningún progreso absoluto.

Todo esto resulta amargo para los científicos que, como yo, piensan que la tarea de la ciencia es conducirnos cada vez más cerca de la verdad; sin embargo, las conclusiones de Kuhn son deliciosas para quienes poseen una visión más escéptica de las pretensiones de la ciencia. Si las teorías científicas sólo pueden ser juzgadas dentro del contexto de un paradigma particular, entonces las teorías científicas de cualquier paradigma no predominan sobre otras maneras de ver el mundo, como el chamanismo, la astrología o el creacionismo. Si la transición de un paradigma a otro no puede ser juzgada con ningún criterio externo, entonces es la cultura, más que la naturaleza, la que dicta el contenido de las teorías científicas. El mismo Kuhn no siempre fue feliz con quienes invocaban su trabajo. En 1965 lamentaba que el filósofo Paul Feyerabend describiera sus argumentos como una defensa de la irracionalidad en la ciencia haciéndolo parecer "no sólo absurdo sino algo deshonesto". En una entrevista que le hizo John Horgan en 1991, Kuhn recordaba tristemente a un estudiante en los 60 que lo alababa: "gracias, señor Kuhn, por hablarnos de los paradigmas; ahora que los conocemos, podemos liberarnos de ellos". Kuhn se sentía también muy incómodo con el llamado "programa fuerte" en la sociología de la ciencia, que es fuerte en su empeño obstinadamente escéptico de mostrar cómo los intereses sociales y políticos dominan el éxito o el fracaso de las teorías científicas. Este programa está particularmente asociado con un grupo de filósofos y sociólogos de la ciencia que trabajaron alguna vez en la Universidad de Edimburgo. Kuhn señaló en 1991: "Estoy entre quienes encuentran absurdas las propuestas del programa fuerte, un ejemplo de deconstrucción enloquecida." Pero aunque hagamos a un lado los excesos de los admiradores de Kuhn, la parte radical de la teoría de las revoluciones científicas lo es bastante. Y considero que está completamente equivocada.

No es cierto que los científicos sean incapaces "de ir y venir entre distintas maneras de ver" y que después de una revolución científica se vuelvan ineptos para entender la ciencia anterior a ella. Uno de los cambios de paradigma a los que Kuhn pone mucha atención en LERC es a la sustitución, al principio de este siglo, de la mecánica newtoniana por la mecánica relativista de Einstein. Sin embargo, al educar a los nuevos físicos la primera cosa que hacemos es enseñarles la todavía buena y vieja mecánica newtoniana, y ellos nunca olvidan cómo pensar en términos newtonianos, incluso después de aprender la teoría de la relatividad de Einstein. Kuhn mismo, como profesor en Harvard, debió haber enseñado a los alumnos de licenciatura la mecánica newtoniana.

En defensa de su posición, Kuhn argumentaba que las palabras que utilizamos y los símbolos en nuestras ecuaciones han significado algo distinto antes y después de la revo-

lución científica; por ejemplo, los físicos han entendido por masa algo diferente antes y después del surgimiento de la relatividad. Es cierto que hubo una gran incertidumbre sobre este concepto durante la revolución einsteiniana. Por un tiempo se habló de masas "longitudinales" y "transversales", que dependían supuestamente de la velocidad de las partículas y de la resistencia a acelerarse en dirección al movimiento o perpendicularmente a él. Pero todo esto se resolvió; nadie habla ahora de masas transversales o longitudinales, y de hecho el término actual "masa" es con mayor frecuencia entendido como "masa en reposo", una propiedad intrínseca de un cuerpo que no cambia con el movimiento, que es mucho más la manera en que la masa era entendida antes de Einstein. Los significados pueden cambiar, pero esto generalmente va en el sentido del enriquecimiento y de la precisión en las definiciones, por lo que no perdemos la capacidad de entender las teorías de los periodos pasados.

Quizá Kuhn llegó a pensar que los científicos de un periodo de ciencia normal generalmente no entendían la ciencia de periodos anteriores por su experiencia en la enseñanza y en la escritura sobre la historia de la ciencia. Probablemente tuvo que enfrentarse con las nociones ahistóricas de los científicos y los estudiantes, que no leen las fuentes originales, y que creen que entienden el trabajo de los científicos en un periodo revolucionario suponiendo que los científicos del pasado concebían sus teorías en la misma forma en que están descritas en nuestros libros de texto. El libro de Kuhn de 1978,<sup>4</sup> sobre el nacimiento de la teoría cuántica, me convenció de que yo cometí el mismo error que él al tratar de entender lo que estaba haciendo Max Planck cuando introdujo la idea del quantum.

También es cierto que los científicos que llegan a un periodo de ciencia normal encuentran que es extraordinariamente difícil entender el trabajo de los científicos en las revoluciones científicas previas, pues somos prácticamente incapaces de revivir el "salto gestáltico" producido por esa revolución. Por ejemplo, no es fácil para un físico leer ahora los *Principia* de Newton, incluso en una traducción moderna del latín de su autor. El gran astrofísico Subrahmanyan Chandrasekhar se pasó años traduciendo los razonamientos de los *Principia* a una forma en la que pudieran entenderlos los físicos modernos. Pero quienes participan en una revolución científica están hasta cierto punto viviendo en dos mundos: el periodo de ciencia normal anterior, que se está terminando, y el nuevo periodo de ciencia normal, que ellos aún no entienden completamente. Para los científicos en un periodo de ciencia normal es mucho menos difícil entender las teorías de un paradigma anterior en su forma madura.

Tuve antes el cuidado de hablar de la mecánica newtoniana y no de la mecánica de Newton. En un sentido importante, especialmente en su geometría, Newton es prenewtoniano. Recordemos el aforismo de John Maynard Keynes de que Newton no fue el primer científico moderno sino más bien el último mago. El newtonismo alcanzó su forma madura a principios del siglo diecinueve en los trabajos de Laplace, Lagrange y otros, y es este newtonismo maduro —que todavía precede a la relatividad especial casi por un siglo— el que enseñamos a nuestros estudiantes actualmente. Ellos no tienen problema para entenderlo y continúan comprendiéndolo y utilizándolo, cuando es apropiado, después de que aprenden la teoría de la relatividad.

Mucho de esto mismo puede ser dicho acerca de la electrodinámica de James Clerk Maxwell. Su *Tratado sobre la electricidad y el magnetismo* de 1873 es difícil de leer para los físicos modernos porque está basado en la idea de que la electricidad y el magnetismo representan fuerzas en un medio físico, el éter, en el que ya no creemos. En este caso,

Maxwell es premaxwelliano. (Oliver Heaviside, que ayudó a refinar la teoría de Maxwell, decía que éste sólo había sido la mitad de un maxwelliano.) El maxwellianismo –la teoría de la electricidad, el magnetismo y la luz que está basada en la obra de Maxwell– alcanzó su forma madura (que no requiere la referencia al éter) por 1900, y es este maxwellianismo maduro el que enseñamos a nuestros estudiantes. Después, ellos toman cursos de mecánica cuántica en los que aprenden que la luz está compuesta de partículas llamadas fotones, y que las ecuaciones de Maxwell son sólo aproximaciones, pero esto no los previene de continuar comprendiendo y utilizando la electrodinámica maxwelliana cuando es necesaria.

Al juzgar la naturaleza del progreso científico, debemos ver las teorías científicas en su madurez, y no en los momentos en que están surgiendo. Si tuviera sentido preguntarse si la conquista de los normandos fue algo bueno, tendríamos que tratar de responder esta pregunta comparando las sociedades anglosajonas y normandas en su forma madura, es decir, durante los reinos de Eduardo El Confesor y Enrique I. No trataríamos de dar una respuesta analizando qué sucedió en la batalla de Hastings.

Tampoco las revoluciones científicas cambian necesariamente la manera en que apreciamos nuestras teorías, volviendo inconmensurables los distintos paradigmas. En los últimos cuarenta años he estado involucrado en los cambios revolucionarios de la forma en que los físicos entienden las partículas fundamentales, que son los constituyentes básicos de la materia. Las grandes revoluciones de este siglo, la mecánica cuántica y la relatividad, acontecieron antes de mi época, pero son las bases de la investigación física de mi generación. No he visto por ningún lado signos de la inconmensurabilidad de que habla Kuhn entre los distintos paradigmas. Nuestras ideas han cambiado, pero hemos continuado apreciando nuestras teorías en gran medida en el mismo sentido: una teoría es considerada exitosa si está basada en principios generales simples y da buenos resultados al relacionar los datos experimentales en una forma natural. No estoy diciendo que tenemos un recetario para evaluar las teorías, o una idea muy clara de lo que significan los "principios generales simples" o "naturales". Sólo digo que, independientemente de cómo hayamos llegado a ellas, no ha habido cambios repentinos en la manera en que las valoramos, ni algo que haga imposible comparar la verdad de las teorías antes y después de la revolución.

Por ejemplo, al principio de este siglo los físicos se enfrentaban al problema de entender los espectros de los átomos, el enorme número de líneas brillantes y oscuras que aparecen en la luz emitida por gases calientes, como los de la superficie del Sol, cuando se separan sus distintos colores con un espectroscopio. Cuando Niels Bohr mostró en 1913 cómo utilizar la teoría cuántica para explicar el espectro del hidrógeno, se hizo claro para los físicos que esta teoría era muy prometedora, y cuando se reconoció, después de 1925, que la mecánica cuántica podía ser utilizada para explicar el espectro de cualquier átomo, ésta se convirtió en el tema que todos los físicos tenían que aprender. De la misma manera los físicos de ahora se enfrentan con alrededor de una docena de tamaños de las masas del electrón y de otras partículas similares, así como las de los varios tipos de cuarc, y estos tamaños difícilmente tienen una explicación teórica. Cualquier teoría que tenga éxito en explicar estas masas será reconocida inmediatamente como un paso hacia adelante. El tema ha cambiado, pero no nuestros propósitos.

Esto no quiere decir que no haya habido cambios en la forma en que valoramos nuestras teorías. Por ejemplo, ahora se considera mucho más aceptable basar una teoría física en cierto principio de "invariancia" (un principio que dice que las leyes de la naturaleza son las mismas enunciadas desde ciertos puntos de vista distintos), de lo que era a principios de siglo, cuando Einstein empezó a preocuparse de la invariancia de las leyes de la naturaleza

en distintas situaciones de movimiento del observador. Pero estos cambios han sido evolutivos, no revolucionarios. La naturaleza parece actuar en nosotros como una máquina de enseñar. Cuando los científicos alcanzan un nuevo entendimiento de la naturaleza, experimentan un intenso placer. Experimentar esto por largos periodos nos hace pensar en qué clase de teoría científica proporcionará el placer de entender la naturaleza.

Todavía más radical que la noción de inconmensurabilidad de los diferentes paradigmas de Kuhn es su conclusión de que en los cambios revolucionarios de un paradigma a otro no nos aproximamos a la verdad. Para defender esta conclusión, él argumenta que todas las creencias pasadas acerca de la naturaleza se vuelven falsas, por lo que no hay razón para suponer que ahora lo vayamos a hacer mejor. Por supuesto que Kuhn sabe muy bien que los físicos ahora utilizan las teorías newtonianas del movimiento y de la gravitación, al igual que la teoría maxwelliana de la electricidad y el magnetismo, como buenas aproximaciones que pueden ser inferidas a partir de teorías más precisas, esto es, nosotros no vemos las teorías newtoniana y maxwelliana como sencillamente falsas a la manera en que la teoría aristotélica del movimiento o la de que el fuego es un elemento, el "flogisto", lo eran. Kuhn mismo, en su primer libro sobre la revolución copernicana habla de cómo partes de las teorías científicas sobreviven en las teorías más exitosas que las suplantán, y parece no tener ningún problema con esta idea. Al enfrentar su contradicción, Kuhn en LERC se defiende muy débilmente diciendo que la mecánica newtoniana y la electrodinámica maxwelliana, tal como las utilizamos ahora, no son las mismas teorías que eran antes del surgimiento de la relatividad y de la mecánica cuántica, porque entonces no se sabía que eran aproximaciones y ahora sabemos que lo son. Es lo mismo que decir que el bistec que compraste no es el mismo que te comiste, porque ahora sabes que está correoso y antes no.

El aborto en México

**INDICADORES**

# *El aborto en México*

## *Posturas de la población al respecto*

**POR GÉNERO**

	Hombre	Mujer
Por ley, al aborto nunca debe permitirse	38	40
El aborto debe permitirse sólo en los casos de violación o de que la vida de la madre peligre	41	46
Por ley, una mujer debe tener el derecho al aborto... siempre que así lo decida ella misma	15	10
No sabe/no contestó	6	4
Total	100	100

**POR EDAD**

	18-29 años	30 a 49 años	50 y más años
Por ley, al aborto nunca debe permitirse	34	39	46
El aborto debe permitirse sólo en los casos de violación o de que la vida de la madre peligre	48	44	36
Por ley, una mujer debe tener el derecho al aborto... siempre que así lo decida ella misma	14	13	11
No sabe/no contestó	4	5	7
Total	100	100	100

**POR ESTADO CIVIL**

	Soltero	Casado
Por ley, al aborto nunca debe permitirse	33	40
El aborto debe permitirse sólo en los casos de violación o de que la vida de la madre peligre	42	43
Por ley, una mujer debe tener el derecho al aborto... siempre que así lo decida ella misma	19	11
No sabe/no contestó	6	6
Total	100	100

**Vitrina metodológica:**

Levantamiento: 14-17 de noviembre de 1998; tamaño de la muestra: 1,198 cuestionarios a ciudadanos en domicilios en 80 puntos del país; margen de error:  $\pm 3\%$ ; nivel de confianza: 95%.

**REFORMA**  
**EL NORTE**

Es importante ser preciso con lo que cambia y lo que no en las revoluciones científicas, una distinción que no está hecha en LERC.<sup>5</sup> Hay una parte "dura" de las teorías físicas modernas ("duro" no en el sentido de difícil sino de perdurable, como sucede con los huesos en la paleontología o los tuestos en la arqueología) que normalmente consisten en las mismas ecuaciones, junto con cierto entendimiento acerca del significado operativo de sus símbolos y sobre el tipo de fenómenos a los que se aplican. Después hay una parte "suave" que es la visión de la realidad con la que solemos explicarnos a nosotros mismos por qué funciona una ecuación. La parte suave cambia; ya no creemos en el éter de Maxwell y sabemos que en la naturaleza hay más que partículas y fuerzas newtonianas.

Los cambios en la parte suave de las teorías científicas también producen transformaciones en nuestro entendimiento de las condiciones bajo las cuales la parte dura es una buena aproximación. Pero una vez que nuestras teorías alcanzan su madurez, sus partes duras representan logros permanentes. Si usted ha comprado alguna de esas camisetas con las ecuaciones de Maxwell en la parte delantera, puede preocuparse de que estén fuera de moda, pero no de que la ecuación se haya vuelto falsa. Se enseñará electrodinámica maxwelliana mientras haya científicos. No veo por qué el incremento en el alcance y la precisión de las partes duras de nuestras teorías no es una aproximación acumulativa a la verdad.<sup>6</sup>

Algo de lo que Kuhn dijo acerca de los cambios de paradigma se aplica a las partes suaves de nuestras teorías, pero pienso que incluso aquí Kuhn sobrestimó el grado en el que los científicos, en un periodo de ciencia normal, son cautivos de sus paradigmas. Hay muchos ejemplos de científicos que permanecieron siendo escépticos ante las partes suaves de sus propias teorías. Me parece que la famosa frase de Newton *Hypotesis non fingo* (no hago hipótesis) debe haber significado, al menos en parte, que su objetivo no era la realidad de las fuerzas gravitacionales actuando a distancia, sino solamente la validez de las predicciones derivadas de sus ecuaciones.

No obstante puede ocurrir, y de esto puedo dar testimonio, que aunque nuestra actual teoría de las partículas fundamentales, el modelo estándar, ha sido tremendamente exitosa en dar cuenta de las propiedades mensurables de las partículas, los físicos actuales no están firmemente convencidos de la visión de la naturaleza en la que se basan. El modelo estándar es una teoría de campo, lo que significa que toma los constituyentes básicos de la naturaleza como si fueran campos —condiciones del espacio, consideradas aparte de los cuerpos materiales que ahí pudiera haber, como el campo magnético que empuja a la limadura de hierro hacia los polos de un imán— más que partículas. En las dos décadas pasadas se logró que cualquier teoría basada en la mecánica cuántica o en la relatividad se viera como una teoría de campo cuando los experimentos se hicieran a energías suficientemente bajas. El modelo estándar es hoy comúnmente visto como una "eficiente teoría de campo", una aproximación en bajas energías a alguna teoría incógnita fundamental que podría no involucrar campos en lo absoluto.

Aunque el modelo estándar proporciona un paradigma para el periodo actual de ciencia normal en física básica, tiene varios rasgos *ad hoc*, entre ellos al menos dieciocho constantes numéricas, como la masa y la carga del electrón, que tienen que ser ajustadas arbitrariamente para hacer que la teoría se apegue a los experimentos. Además, el modelo estándar no incorpora la gravitación. Los físicos teóricos saben que necesitan encontrar una nueva teoría más satisfactoria, en la que el modelo estándar sería sólo una buena aproximación, y los físicos experimentales están trabajando muy duro para encontrar



algunos indicios que representen desacuerdos con alguna de las predicciones del modelo estándar. El anuncio reciente, a partir de un experimento en un laboratorio subterráneo en Japón, de que las partículas llamadas neutrinos tienen masa, lo cual es ajeno a la versión original del modelo estándar, es un buen ejemplo. Este experimento es sólo el último escalón en la búsqueda de muchos años de esas masas, una investigación que ha sido motivada en parte con el argumento de que es muy probable que cualquier teoría más satisfactoria que el modelo estándar, incluirá la existencia de las masas de los neutrinos.

Kuhn sobrestimó la medida en que estamos hipnotizados con nuestros paradigmas y exageró particularmente el grado en que el descubrimiento de anomalías durante un periodo de ciencia de ciencia normal pasa inadvertido. Estaba muy equivocado al decir que no es parte del trabajo de la ciencia normal encontrar nuevos tipos de fenómenos.

La visión que tenía Kuhn del progreso científico podría dejarnos con una incógnita: ¿para qué molestarse tanto? Si una teoría es sólo mejor que otra en su capacidad para resolver los problemas que parecen estar en nuestras mentes, ¿por qué entonces no nos liberamos sacando estos problemas fuera de ellas? No estudiamos las partículas fundamentales porque sean intrínsecamente interesantes como las personas. No lo son, si has visto un electrón los has visto a todos. Lo que nos impulsa hacia adelante en el trabajo científico es precisamente el aliciente de que hay verdades por descubrir allá fuera, verdades que una vez descubiertas formarán una parte perdurable del conocimiento humano.

No fue la descripción de las revoluciones científicas lo que me impresionó tanto cuando leí por primera vez LERC en 1972, sino su tratamiento de la ciencia normal. Kuhn mostró que un periodo de ciencia normal no es una etapa de estancamiento, sino una fase esencial del progreso científico. Esto se volvió importante para mí en lo personal a principios de los 70 por los últimos avances tanto en la cosmología como en la física de las partículas fundamentales.

Hasta finales de los 60 la cosmología había permanecido en un estado de confusión terrible. Recuerdo que la mayoría de los astrónomos y los astrofísicos eran partidarios de alguna cosmología preferida y se consideraba la de quien fuera como un mero dogma. Una vez en una cena en Nueva York, por ahí de 1970, estaba sentado con el distinguido físico sueco Hannes Alfvén y tuve la oportunidad de preguntarle si era cierto o no que ciertos efectos físicos, en los que él era experto, ocurrieron en el Universo primitivo. Me inquirió: "¿Me hace esta pregunta en el contexto de la teoría de la gran explosión?" y cuando le dije que sí no quiso hablar de ello. La fractura del discurso cosmológico empezó a sanar después del descubrimiento de la radiación de fondo cósmica, la radiación fósil, que había quedado allí desde que el Universo tenía menos de un millón de años. Este descubrimiento obligaba a todos (o a casi todos) a pensar seriamente acerca del Universo primitivo.

Las medidas que se hicieran podrían finalmente confirmar o refutar nuestras especulaciones cosmológicas, y muy pronto, en menos de una década, la teoría de la gran explosión se desarrollaría en su forma moderna y sería ampliamente aceptada. En un tratado sobre gravitación y cosmología que terminé en 1971, utilicé la frase "modelo estándar" para la cosmología de la gran explosión para hacer énfasis en que yo no la veía como un dogma al que todo el mundo tenía que rendir pleitesía, sino como una base común en la que todos los físicos y astrónomos podían coincidir para discutir cálculos y observaciones cosmológicas. Hubieron físicos y astrónomos respetables, como Alfvén y Fred Hoyle, a los que no les gustó la dirección en la que iba el consenso creciente. Algunos de ellos atacaban la sola idea de consenso, abrazando en su lugar una suerte de "modelo distinguido" ideal de la ciencia como una continua revolución, en el cual todos

perseguirían sus propias ideas e irían en sus propias direcciones. Pero hay mucho más peligro en un rompimiento de la comunicación entre los científicos que en un consenso prematuro que pueda resultar erróneo. Sólo cuando los científicos se ponen de acuerdo pueden concentrarse en experimentos y cálculos que les puedan decir si sus teorías son correctas o erróneas, y si son equivocadas puedan encontrar el camino hacia un nuevo consenso. Tuvo muy buen efecto que Kuhn citara la frase de Francis Bacon: "La verdad surge más rápidamente del error que de la confusión."

Las partículas fundamentales también entraron en un periodo de ciencia normal a principios de los 70. Había habido una confusión no por falta de datos o porque fueran más que suficientes, sino por la carencia de un cuerpo teórico que pudiera explicar estos datos. Para principios de los 70 los desarrollos teóricos y algunos nuevos experimentos importantes condujeron a un consenso entre los físicos dedicados al estudio de las partículas fundamentales, incorporándolo a lo que ahora también se llama modelo estándar. Los físicos permanecieron escépticos por algún tiempo porque sentían que los experimentos que se habían hecho para probar si el modelo estándar era correcto no eran todavía suficientes, o que los datos experimentales podían ser interpretados de otras formas. Cuando yo argumentaba que cualquier otra forma de interpretar los datos era horrible y artificial, algunos físicos respondieron que la ciencia no tiene nada que ver con juicios estéticos, una respuesta que podría haber divertido a Kuhn, pues él dijo: "El juicio que conduce a los científicos a rechazar la teoría aceptada previamente está siempre basado en algo más que una comparación de esa teoría con el mundo." Cualquier serie de datos puede ajustarse a muchas teorías distintas. Al decidir entre ellas tenemos que juzgar cuál se ajusta a esos datos con el tipo de elegancia, consistencia y universalidad que hará que se les valore seriamente. Kuhn no fue la primera persona que señaló esto, fue precedido entre otros por Pierre Duhem, aunque él lo hizo de una forma muy convincente.

Actualmente las discusiones sobre el modelo estándar han casi terminado, y prácticamente hay un acuerdo universal para considerar en forma correcta un fenómeno observado. Estamos viviendo en un nuevo periodo de ciencia normal, en el que las implicaciones del modelo estándar han sido calculadas por físicos teóricos y comprobadas por los físicos experimentales. Como Kuhn reconoció, es precisamente este tipo de trabajo durante los periodos de ciencia normal el que puede conducir al descubrimiento de anomalías que harán necesario subir el siguiente escalón más allá de nuestro paradigma actual. Pero la visión de la ciencia normal que tiene Kuhn, aunque aún sigue siendo útil y profunda, ya no es lo que contribuyó a su reputación. La parte famosa de su trabajo es su descripción de las revoluciones científicas y su visión del progreso científico. Y es aquí donde su trabajo es seriamente engañoso.

¿En qué se equivocó? ¿Qué en la vida de Kuhn lo condujo a un escepticismo tan radical, a su extraña visión del progreso científico? Ciertamente, no fue la ignorancia, pues evidentemente comprendió muchos episodios de la historia de la física como cualquiera de nosotros. Descifré una clave del pensamiento de Kuhn la última vez que lo vi en una ceremonia en la Universidad de Padua. Kuhn contó cómo, en 1947, cuando era un joven profesor de Harvard, estudió los trabajos sobre física de Aristóteles y quedó asombrado. "¿Cómo fue que (a Aristóteles) lo abandonó sistemáticamente su talento característico cuando se dedicó al estudio del movimiento y la mecánica? Además, si su talento lo abandonó ¿por qué sus escritos sobre la física se tomaron tan en serio por tantos siglos después de su muerte?... De repente, reúno los fragmentos que tenía en la cabeza de una nueva forma y siento que están en su lugar. Mi boca se abre sorprendida y por primera vez

Aristóteles parece en realidad un físico muy bueno, pero en una forma que nunca soñé posible."

Le pregunté a Kuhn que era lo que había comprendido de repente acerca de Aristóteles. El nunca me respondió, pero me escribió para contarme una vez más cuán importante había sido esa experiencia para él: "Lo que se alteró de mi primera lectura de [los escritos de Aristóteles sobre física] fue mi comprensión, no mi aprecio de lo que se había logrado. Y ese cambio, esa epifanía, fue una transformación que afectó mi entendimiento (no mi apreciación) de la naturaleza de sus logros científicos, los más inmediatos a Galileo y a Newton."

Más tarde leí la explicación de Kuhn en un artículo de 1977 en el que sin convertirse en un físico aristotélico, trataba por un momento de aprender a pensar como uno, reflexionando en el movimiento como si fuera un cambio de calidad de un objeto, y que como otros cambios de calidad más que de estado deben ser estudiados aisladamente. Esto al parecer le mostró a Kuhn cómo es posible adoptar el propio punto de vista de los estudios de cualquier científico. Sospecho que por eso ese momento de su vida era tan importante para Kuhn; él tomó su idea del cambio de paradigma del cambio de la física aristotélica a la newtoniana, el cambio (que de hecho tomó siglos) del intento de Aristóteles de proporcionar descripciones cualitativas sistemáticas de cualquier cosa en la naturaleza a las explicaciones cuantitativas de Newton de fenómenos cuidadosamente seleccionados, como el movimiento de los planetas alrededor del Sol.

Eso que fue en realidad un cambio de paradigma, parece que para Kuhn fue el paradigma del cambio de paradigma, que estableció un patrón con el que trató de hacer calzar cualquier otra revolución científica pues se ajusta muy bien a la descripción del cambio de paradigma de Kuhn. Es extraordinariamente difícil para un físico moderno entrar en la estructura mental de la física aristotélica y la afirmación de Kuhn de que todas las visiones de la realidad previas son comprobadamente falsas, si no es verdad para la mecánica newtoniana o la electrodinámica maxwelliana, sí es aplicable a la física aristotélica.

Las revoluciones en la ciencia suelen adecuarse a la descripción de Kuhn únicamente cuando señalan un cambio en la comprensión de algún aspecto de la naturaleza que va de la preciencia a la ciencia moderna. El nacimiento de la física newtoniana fue un gran cambio de paradigma, pero no sucedió nada en nuestra comprensión del movimiento desde entonces –ni tampoco desde la transición de la mecánica newtoniana a la einsteiniana, ni de la física clásica a la cuántica– que correspondiera a la descripción de cambio de paradigma de Kuhn.

Durante las últimas décadas de su vida, Kuhn trabajó como filósofo, preocupado por el significado de la realidad y la verdad, problemas que había tocado brevemente décadas atrás en LERC. Después de la muerte de Kuhn, Richard Rorty dijo de él que "había sido el filósofo más influyente que escribiera en inglés desde la segunda guerra mundial". Las conclusiones de Kuhn acerca de la filosofía presentan el mismo escepticismo corrosivo que sus escritos sobre historia. En su Conferencia Rothschild en Harvard, en 1992, señaló: "No estoy sugiriendo, permítaseme hacer énfasis en ello, que haya una realidad que la ciencia falla en alcanzar, sino que no tiene sentido construir una noción de realidad como la que funciona normalmente en la filosofía de la ciencia."

A mí me parece que hace un siglo el filósofo pragmático Charles Sanders Peirce construyó una noción bastante mejor de realidad, pero no estoy capacitado para apreciar ni educado para juzgar los conflictos entre filósofos. Afortunadamente no necesitamos de los filósofos para dictaminar sobre cómo los argumentos filosóficos deben ser aplicados en la

historia de la ciencia, o en la misma investigación científica, más de lo que dejaríamos a los científicos para decidir por sí mismos acerca de cómo los descubrimientos científicos deberían ser usados en la tecnología o la medicina. En un artículo reciente, en *The New York Review of Books*, señalé que para mí, como físico, las leyes de la naturaleza son reales en el mismo sentido (cualquiera que éste sea) que las rocas en el suelo.' Pocos meses después de la publicación de mi artículo me atacó Richard Rorty por esta afirmación. Me acusó de que como físico quisiera aclarar fácilmente cuestiones acerca de la realidad y la verdad que a los filósofos les habían llevado milenios. Pero ésta no es mi posición. Yo sé que es tremendamente difícil precisar lo que queremos decir cuando utilizamos palabras como "real" y "verdad". Es por eso que cuando dije que las leyes de la naturaleza y las rocas en el suelo son reales en el mismo sentido, agregué entre paréntesis "cualquiera que éste sea". Respeto el esfuerzo de los filósofos en aclarar estos conceptos, pero estoy seguro de que incluso Kuhn y Rorty han utilizado palabras como "verdad" y "realidad" en su vida diaria y no han tenido problemas con ellas. No veo ninguna razón por la que no las podamos también utilizar en algunas de nuestras afirmaciones acerca de la historia de la ciencia. Es cierto que los filósofos nos pueden hacer un gran favor con sus luchas por aclarar lo que queremos decir con *verdad* y realidad, pero para Kuhn decir que como filósofo tiene problema en comprender lo que se quiere decir con *verdad* y realidad no prueba nada más allá del hecho de que él tenía este problema de comprensión.

Finalmente me gustaría describir mi propia idea del progreso científico. Como dije, Kuhn utilizó la metáfora de la evolución darwiniana de logros en una sola dirección y no en todas. La metáfora de Kuhn no es mala, si hacemos un cambio en ella: el progreso de la física es como la evolución yendo hacia atrás. Al igual que los humanos y otras especies de mamíferos pueden rastrear sus orígenes en alguna criatura peluda escondida de los dinosaurios en el periodo Cretácico, y que la criatura, los dinosaurios y toda la vida de la Tierra pueden supuestamente ser rastreados más atrás en lo que Pooh-Bah en *El Mikado* llamó "un glóbulo atómico de protoplasma primordial", de la misma manera hemos visto la óptica, la electricidad y el magnetismo surgir juntos en la época de Maxwell en lo que ahora todos llamamos electrodinámica; y en años recientes hemos visto la electrodinámica y las teorías de otras fuerzas de la naturaleza aflorar en el moderno modelo estándar de las partículas fundamentales. Esperamos que en el siguiente gran paso hacia adelante de la física podamos ver la teoría de la gravitación y todas las distintas ramas de la física de partículas fundamentales surgir juntas en una sola teoría unificada. En esto es en lo que hemos estado trabajando y en lo que gastamos el dinero de los contribuyentes. Y cuando descubramos esta teoría, ésta será parte de una descripción verdadera de la realidad

Traducción: AGB

Notas

1 Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1962, segunda edición, 1970. Este ensayo está basado en parte en la Conferencia Bohner del autor en la Rice University, enviada como parte del simposio anual sobre el trabajo de Thomas Kuhn, y de un coloquio de 1998 celebrado en el Departamento de Física de la Universidad de Harvard.

2 Thomas S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, Harvard University Press, 1957.

3 Kuhn fue primero físico, pese a la presencia del amplio concepto de "científico" en su

título. La estructura de las revoluciones científicas está casi totalmente dedicada a la física y a todas las ciencias relacionadas con ella como la astronomía y la química. Es la visión que tiene Kuhn de su historia lo que yo criticaré, pues no sé suficiente sobre las ciencias biológicas o del comportamiento para juzgar cualquiera de las cosas que diré aquí que también se aplican a ellas.

4 Thomas S. Kuhn, *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity 1894-1912*, Oxford University Press, 1978.

5 Agradezco al profesor Christopher Hitchcock su comentario después de mi conferencia en Rice, el cual me permitió incluir el siguiente señalamiento en este ensayo.

6 Otra complicación: como el profesor Bruce Hint me señaló en una conversación, puede suceder que dos teorías que compitan entre sí con partes duras en apariencia distintas pueden hacer las mismas predicciones exitosas. Por ejemplo, en el siglo XIX era común que los científicos británicos describieran los fenómenos electromagnéticos utilizando ecuaciones que involucraran electricidad y campos magnéticos, siguiendo el ejemplo de Faraday, mientras que las ecuaciones de los físicos del continente se referían directamente a las fuerzas que actuaban a distancia. Normalmente, lo que sucede en estos casos es que se descubrió que las dos series de ecuaciones eran matemáticamente equivalentes, aunque una o la otra pueden resolverse para tener una generalización más amplia en una teoría más abarcadora, como se resolvieron para el caso de los campos magnéticos y eléctricos después del surgimiento de la relatividad.

7 "Sokal's Hoax", *The New York Review of Books*, 8 de agosto de 1996.

El profesor Steven Weinberg es un físico que se ha distinguido principalmente por sus estudios en la teoría de las partículas fundamentales y en el de la naturaleza del Universo primigenio. Fue laureado con el Premio Nobel de física en 1979 y es autor de varios libros entre los que se cuenta el de divulgación titulado "*Los tres primeros minutos*". Actualmente es profesor de física en la Universidad de Texas en Austin.

Este artículo apareció originalmente en *The New York Review of Books* de la primera quincena de octubre de 1998, y aparece en *Este País* con permiso del autor.

## **Índices en economía y finanzas**

## INDICADORES

### *Índices en economía y finanzas*

*Canadá, Estados Unidos y México (noviembre 1998)*

<b>Canadá</b>			
	periodo	Cambio porcentual respecto al anterior	
		periodo	año
Producto Interno Bruto	Q2 98	0.4	3.1
Indicador líder	Ago 98	-1.0	-5.0
Índice de precios al consumidor	Sep 98	-0.2	0.7
		periodo actual	mismo periodo en el año anterior
Balanza en cuenta corriente	T2 98	-3.09	-2.00
Tasa de desempleo	Sep 98	8.3	9.0
Tasa de interés	Oct 98	5.27	3.76

<b>Estados Unidos</b>			
	periodo	Cambio porcentual respecto al anterior	
		periodo	año
Producto Interno Bruto	Q3 98	0.8	3.4
Indicador líder	Sep 98	-1.3	-1.4
Índice de precios al consumidor	Sep 98	0.1	1.5
		periodo actual	mismo periodo en el año anterior
Balanza en cuenta corriente	T2 98	-56.53	-35.09
Tasa de desempleo	Sep 98	4.6	4.9
Tasa de interés	Oct 98	5.21	5.65

<b>México</b>			
	periodo	Cambio porcentual respecto al anterior	
		periodo	año
Producto Interno Bruto	Q2 98	1.9	4.2
Indicador líder	Ago 98	2.7	8.6
Índice de precios al consumidor	Sep 98	1.6	15.9
		periodo actual	mismo periodo en el año anterior
Balanza en cuenta corriente	T2 98	-3.54	-1.13
Tasa de desempleo	Sep 98	3.1	3.3
Tasa de interés	Ago 98	25.22	20.15

#### Definiciones y notas

**Producto Interno Bruto:** series en volumen. Ajustadas por temporada. **Indicador líder:** un indicador compuesto basado en otros indicadores de actividad económica (empleo, ventas, ingreso, etc). Señala movimientos cíclicos en la producción industrial de seis a nueve meses, por adelantado. **Índice de precios al consumidor:** mide los cambios en el porcentaje de precios de venta de una canasta fija de bienes y servicios. **Balanza de cuenta corriente:** en billones de dólares, no se ajusta por temporada, excepto en el caso de EUA. **Tasa de desempleo:** porcentaje de la fuerza de trabajo-Estándar OIT de la tasa de desempleo; en el caso de México corresponde a una definición nacional. **Tasa de interés:** tres meses.

Fuente: OCDE/OECD, *Main Economic Indicators*, noviembre 1998.  
 Información proporcionada por el Centro de la OCDE en México

