

La estructura de las revoluciones científicas: 50 años de reflexión sobre la racionalidad de la ciencia

[Sergio Torres Arzayús, Ph.D.](#)

Centro Internacional de Física

(Versión extendida del artículo en Innovación y Ciencia, Diciembre 2012)

El senador por el estado de Oklahoma James Inhofe, (ex)presidente del Comité del Senado sobre el Medio Ambiente, declaró que el calentamiento global es un gran engaño perpetrado por los científicos (Inhofe 2012). John Shimkus, miembro de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos por el estado de Illinois, en una audiencia de la Cámara declaró que el calentamiento global es un asunto del cual el Gobierno no se debe preocupar, porque Dios dijo, después del diluvio universal, que no destruiría la Tierra. El Instituto Heartland recibió dineros de firmas petroleras para implementar una campaña entre educadores encaminada a la enseñanza de teorías infundadas que niegan el calentamiento global. La Corte del Distrito de Pensilvania falló a favor de ciudadanos que acusaron al Instituto Discovery por financiar campañas publicitarias y políticas que promovían la inclusión del creacionismo en el currículo escolar de ciencia. Un oficial del Vaticano en declaraciones a la prensa afirmó que el uso del condón no servía para prevenir la infección del VIH-sida. El médico Inglés Andrew Wakefield manipuló datos para mostrar una falsa correlación entre la vacuna triple vírica (sarampión-papera-rubeola) y la enfermedad de autismo; el Journal Lancet retiró su publicación y Wakefield perdió su licencia, sin embargo la ola de desinformación sigue creciendo y miles de madres confundidas no están vacunando a sus hijos (Reich 2011).

¿Qué tienen en común estas afirmaciones? La respuesta es muy clara: Los productos de la tecno-ciencia impregnan todos los poros de la sociedad moderna, la ciencia está transformando el mundo y la sociedad, la ignorancia en asuntos científicos por parte de los líderes y los ciudadanos tiene un costo muy alto. Por esas razones es urgente que el ciudadano entienda el proceso científico. Una oportunidad para reflexionar sobre el tema de ciencia y sociedad nos lo ofrece la ocasión de los 50 años de la obra principal de Thomas Kuhn (1922-1996), el libro *Estructura de las revoluciones científicas* (1962, abreviado *Estructura* en este artículo). Kuhn fue un físico convertido en historiador y filósofo que contribuyó de manera significativa a la filosofía de la ciencia. *Estructura* se convirtió en guía y referente ubicuo de los estudios sociales de la ciencia. En el área de las humanidades y las ciencias sociales fue la

fuente académica más citada entre 1976 y 1983. Kuhn abre un capítulo nuevo de un debate milenario sobre el valor del conocimiento científico, su validez, justificación, objetividad, metodología y poder explicativo.

El debate de la ciencia

Las posiciones filosóficas sobre la ciencia cubren una amplia gama de tesis que van desde el realismo científico absoluto hasta el rechazo de la objetividad y la racionalidad de la ciencia. Estos son dos extremos que no son compartidos por la mayoría de estudiosos del tema, sin embargo nos sirve para enmarcar el debate. Dada la confusión sobre temas científicos que a menudo se encuentra entre el público y en los medios de comunicación, es oportuno hacer una reflexión sobre la contribución de Kuhn al debate y los adelantos que se han registrado en estos 50 años. Es importante entender los argumentos que se vienen tejiendo en torno al debate de la ciencia, ya que la ciencia y sus productos afectan directamente a la sociedad, a los sistemas políticos y al bienestar de los ciudadanos.



Figure 1. ¿Tenemos acceso al mundo externo independiente de nuestras percepciones? (grabado de Camille Flammarion, 1888). Fuente: Wikipedia commons.

Desde la época de los grandes pensadores griegos la pregunta sobre cómo ganamos conocimiento valioso sobre el mundo externo ha preocupado a los filósofos. En el diálogo *El*

Sofista, Platón pone en escena el intercambio entre quienes piensan que existe una realidad externa e independiente de las percepciones de los humanos y entre los que sostienen que en el fondo, todo es opinión y que no es posible establecer con absoluta certeza que un concepto elaborado por la mente humana corresponde a una realidad objetiva. El problema del conocimiento, o epistemología, en relación a la ciencia moderna se ha movido en torno a un puñado de preguntas específicas:

- ¿Corresponde el conocimiento científico a verdades universales, necesarias y objetivas sobre la naturaleza?
- ¿Las disputas científicas ante teorías alternativas se resuelven apelando a un método puramente racional?
- ¿Es posible acercarnos a las realidades externas mediante la observación y la inducción?
- ¿Cómo sabemos que una teoría científica es verdadera?
- ¿El objeto de la ciencia es la experiencia de lo que se percibe? ¿O es la realidad externa independiente del observador?

Para navegar el terreno intelectual donde encontramos respuestas nos valdremos de un mapa, una especie de guía que nos será muy útil al momento de entender el legado de Kuhn. En el diagrama (Figuras 2 y 6) se representa el terreno intelectual antes y después de Kuhn, incluyendo personajes, movimientos notables y su posición con referencia a los dos extremos en el "eje de objetividad".

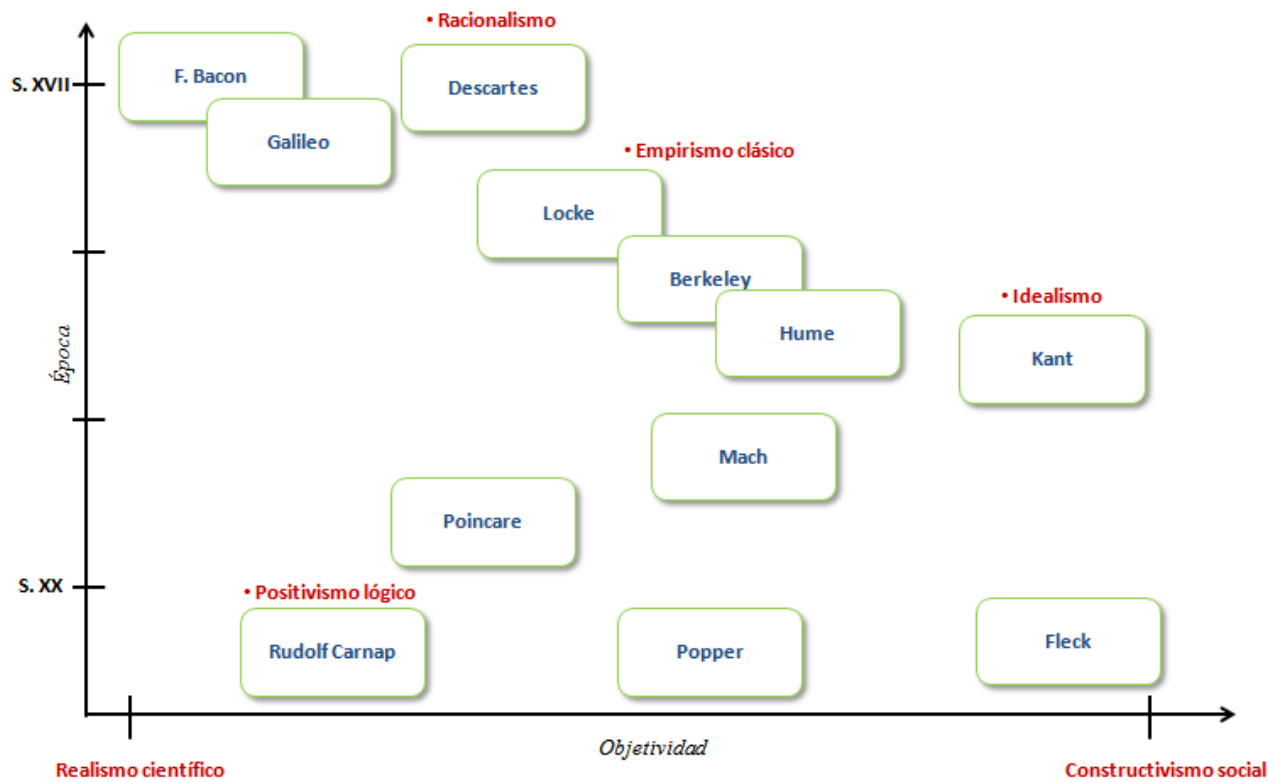


Figure 2. Contribuciones al debate de la ciencia (antes de Kuhn)

Las semillas de la ciencia moderna fueron plantadas por el monje del siglo XII Adelard of Bath (1080-1152) y por Francis Bacon (1561-1626) y los cimientos fueron levantados por Nicolás Copérnico (1473-1543) y Galileo Galilei (1564-1642). Adelard con su proposición de exigir que las explicaciones ofrecidas por la filosofía natural no invoquen fuentes sobrenaturales y Bacon con su idea de aplacar las especulaciones desenfrenadas de la mente a favor de la cuidadosa observación de los fenómenos, le dieron un giro al escolasticismo que preparó el terreno de los "filósofos de la naturaleza" (escolasticismo es el corpus académico, basado en la filosofía de Aristóteles, que prevaleció durante la Edad Media; también se refiere al método inquisitivo que se usaba en los tratados de la época). Nos referimos a filósofos de la naturaleza a quienes hoy llamaríamos científicos. El término *científico*, sin embargo, no existía en esa época, fue acuñado por William Whewell en 1833.

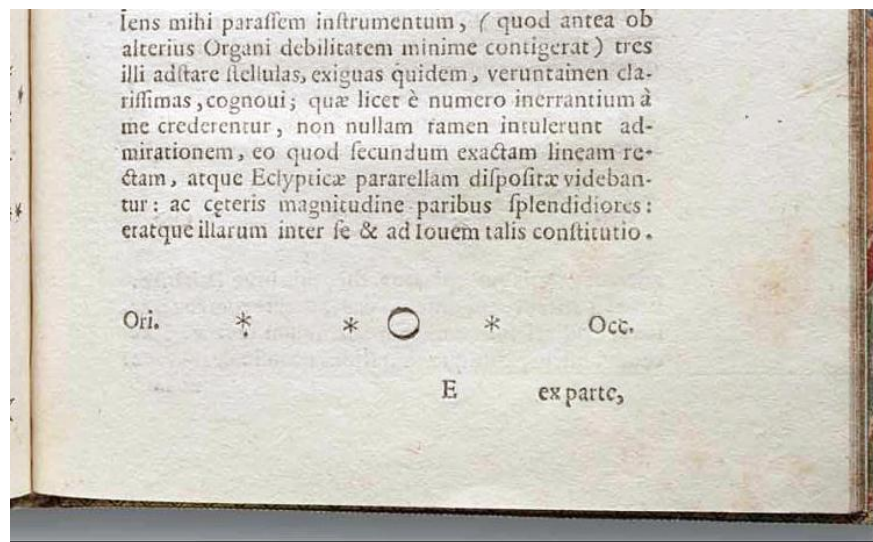


Figure 3. Realismo científico: en esta página de Sidereus Nuncius de Galileo se registran las observaciones de tres lunas de Júpiter. Para Galileo esas lunas eran objetos astronómicos reales moviéndose en orbitas circulares reales.

Las ventajas del método experimental quedaron demostradas con el trabajo de Galileo, un exponente del realismo científico quien se dio a la tarea de extraer las regularidades exhibidas por los fenómenos y expresarlas usando lenguaje matemático. En el proceso Galileo mostró que los datos puros de un experimento no son suficientes para entender la realidad subyacente; es necesario elaborar modelos matemáticos que expliquen esos datos, aún si los modelos contradicen el sentido común. Un ejemplo es la ley de la inercia. Desde Aristóteles se pensaba que un movimiento no se podía dar sin una causa directa que en todo momento mantiene el movimiento. No es así, dice Galileo: un objeto en movimiento horizontal a velocidad constante continuará en movimiento hasta que sea disturbado. La genialidad de Galileo es descrita por Einstein así:

"El descubrimiento y uso del razonamiento científico por Galileo fue una de las más importantes conquistas en la historia del pensamiento humano, y marca el comienzo real de la física. Este descubrimiento nos enseñó que las conclusiones intuitivas basadas en observaciones inmediatas no siempre deben ser tenidas por seguras, debido a que algunas veces conducen a caminos equivocados" (Einstein & Infeld 1942)

Una puntada a la problemática del realismo científico emerge del affaire de Andreas Osiander (1498-1552), el teólogo luterano, quien afanado por proteger a Copérnico de la furia de los teólogos en Roma, escribió el preámbulo anónimo en *De Revolutionibus* afirmando que la tesis heliocéntrica expuesta en el libro no quiere decir que el mundo realmente está configurado de esa forma (con el Sol en el centro) y que este modelo es apenas un instrumento que facilita el cálculo de efemérides. Aunque la advertencia de Osiander no tenía la intención de ser una tesis epistemológica, reconocemos en ella la semilla de una interesante manera de entender qué es una teoría científica. El razonamiento de Osiander sugiere que una teoría científica es un modelo que explica las observaciones, pero más allá de su poder explicativo y consistencia con datos empíricos, no es lícito hacer extrapolaciones metafísicas sobre el mundo externo. En resumen, Osiander se adelantó por 150 años al empirismo clásico.

Empirismo

Inspirados por la obra de Newton, los empiristas británicos, John Locke (1632-1704), George Berkeley (1685-1753) y David Hume (1711-1776), cuestionaron seriamente el racionalismo del filósofo francés René Descartes (1596-1650), afirmando que lo único que podemos conocer con certeza son las experiencias directas y que no es posible saltar de las impresiones a leyes universales, necesarias y certeras. En contraste con Descartes, que ve en la razón la facultad de llegar a conocimiento certero, Hume advierte que las ideas derivadas de sensaciones primarias son elaboraciones mentales que bien pueden estar completamente alejadas de la realidad. El principio de causalidad, por ejemplo, es una idea que resulta de acostumbrarnos a percibir que un evento es acompañado por otro, pero en realidad no podemos afirmar que éste sea una ley del universo. Hume enunció el problema fundamental de la inducción en los siguientes términos:

"La suposición de que el futuro se asemeja al pasado, no se funda sobre argumentos de ninguna clase, sino que se deriva por completo del hábito que nos determina a esperar para futuro la misma serie de objetos a la que hemos sido acostumbrados" (Hume 1984:93).

Isaac Newton (1642-1727) llegó a una formulación matemática de la gravedad a partir de la cual podemos calcular el movimiento de un proyectil, la órbita de un planeta o las fuerzas de equilibrio que sostienen a un puente. No nos deja de maravillar la precisión de esos cálculos al momento de contrastarlos con las observaciones. No obstante la utilidad y precisión de las predicciones que permite la mecánica, la teoría de Newton no explica la gravedad. Las formulas indican cómo calcular la fuerza de gravedad entre dos cuerpos pero no nos dice cómo se genera esa fuerza. Newton se abstiene de elaborar hipótesis al respecto (*hypotheses non*

tingo), con lo cual queda muy clara su posición en contra de las especulaciones filosóficas y su disciplina en adherirse a lo que es observable. La estrategia de Newton de no enredarse en metafísica, ha servido de ejemplo para otros científicos y así ha permitido el avance de las teorías. Joseph Fourier, por ejemplo, escribió un destacado tratado (*Theorie analytique de la chaleur*, 1822) en donde describe cómo calcular observables termodinámicos sin meterse en la controvertida disputa entre los defensores de la teoría del calórico y la teoría cinética del calor.

Hume encuentra su fuente de inspiración en Newton. Lo que conocemos del mundo -- dice Hume -- es mediado por las sensaciones; no tenemos conocimiento directo del mundo y por eso debemos tener cuidado en no saltar a conclusiones sobre lo que creemos que hay detrás de las impresiones. Einstein está de acuerdo con Hume (lo cita en varias oportunidades) cuando nos recuerda que los conceptos de espacio y tiempo de la mecánica clásica se acomodan a lo que percibimos pero son erróneos. Hume no niega la existencia de una realidad externa, pero sí pone en tela de juicio el método inductivo como instrumento para ganar conocimiento sobre el mundo externo. Por ello a Hume se le suele citar como un escéptico (que no cree en la objetividad del conocimiento).

Insistimos en Hume, porque fue él quien de una manera contundente desenmascaró las pretensiones de objetividad del racionalismo. Con este breve repaso no nos ha de sorprender los giros que tomó el debate sobre la ciencia durante la década de 1960, cuando surgieron fuertes críticas (la de Kuhn incluida) contra las pretensiones de superioridad epistémica de la ciencia.

Los científicos incursionan en filosofía

El cuestionamiento sobre las bases del conocimiento no fue asunto de filósofos exclusivamente, científicos de renombre también se manifestaron. Ernst Mach (1838-1916) fue una figura influyente en quien se manifiesta una firme postura anti-metafísica. Nunca creyó en la realidad de los átomos, aduciendo que los modelos físicos son mecanismos para describir y organizar observaciones pero no corresponden a una realidad externa. Siguiendo razonamientos similares Mach criticó los conceptos absolutos de espacio y tiempo que encontramos en Newton, lo cual ejerció influencia en Einstein cuando estaba trabajando en su teoría de la relatividad restringida. (más adelante Einstein rechazó aspectos extremos de la tesis de Mach).

Para el físico-matemático Henri Poincaré (1854-1912), la ciencia apunta hacia una realidad objetiva, pero no en el sentido filosófico de realidad independiente del observador. La objetividad de la ciencia se basa en una conceptualización compartida de experiencias y en el

uso de las matemáticas para expresar los patrones subyacentes encontrados en la naturaleza. Otro físico que incursionó en terrenos filosóficos fue Percy W. Bridgman (1882-1961), premio Nobel de física en 1946 por su trabajo experimental en altas presiones. Impresionado por la manera como Einstein usó el proceso de medición (así fuera imaginario) para definir conceptos, Bridgman promovió el desarrollo de conceptos basado en las operaciones que se usan para explicar los fenómenos físicos. En Bridgman, como en Mach, vemos la urgencia de huir de lo metafísico. ¿Qué es espacio? En lugar de inmiscuirse en una discusión filosófica, para Bridgman es suficiente definir el espacio por medio de las operaciones que se usan para medirlo: la distancia entre dos puntos, o el tiempo que demora la luz en viajar de un punto a otro. Así definido el espacio depende del estado de movimiento de quien hace la medición, que es justamente la propuesta de Einstein.

Examinando las ideas de Mach, Poincaré y Bridgman queremos mostrar que no todos los científicos se adhieren al realismo científico. Sin embargo, la gran mayoría, especialmente a partir del siglo XX, no se preocupan mucho por los aspectos filosóficos expuestos en los párrafos precedentes e implícitamente aceptan una interpretación sencilla del realismo científico. Para ellos -- igual que para el público en general -- la ciencia trata de asuntos Reales (con mayúscula); las verdades científicas corresponden a objetos del mundo independiente a nuestra experiencia; el éxito de la tecnología y los productos de la ciencia son suficientes para validar la veracidad de las teorías científicas. Esa ingenua percepción de lo que es la ciencia -- denominada *noción recibida de la ciencia*-- es la que alimentó las críticas que un grupo de sociólogos e historiadores de la ciencia comenzaron a desatar a partir de la década de los 60s.

Popper y el Positivismo Lógico

El científico promedio no fue el único defensor del realismo científico. Durante los años 1920-1950 Bertrand Russell, Moritz Schlick, Hans Reichenbach, Rudolph Carnap y otros pensadores, alineados con el positivismo lógico, acudieron a la lógica deductiva para dar sustento a la objetividad de la ciencia (Uebel 2012). El programa del positivismo lógico se basa en expresar las teorías científicas usando deducciones que siguen las leyes de la lógica a partir de observaciones. Si partimos de hechos empíricos irrefutables y poco a poco se construye una estructura axiomática de afirmaciones deducidas de esas observaciones, entonces al final del proceso llegaremos a teorías verdaderas; argumentos de lógica justifican el salto de lo particular a lo general, respondiendo así al problema de inducción de Hume.

En el mismo fermento intelectual donde surgió el positivismo lógico encontramos el trabajo de Karl Popper (1902-1994), el filósofo de la ciencia a quien le debemos el concepto de *falsación* que propuso como criterio de demarcación entre teorías científicas y no científicas. Contrario a los positivistas lógicos Popper rechaza el uso de la evidencia empírica para demostrar que una

teoría es correcta. Que una predicción sea observada de acuerdo a lo que predice una teoría no se puede tomar como prueba de la teoría. El mismo resultado experimental pudo haber ocurrido por razones que nada tienen que ver con esa teoría. Además, es posible inventar varias teorías que expliquen los mismos datos o ajustar las hipótesis auxiliares de una teoría acomodándola a los datos (Quine 1951). Los epiciclos tolemaicos deben dejar esto en claro. Lo que importa para Popper no es el uso de experimentos para probar teorías sino para rechazarlas. El ejemplo clásico es la predicción que hizo Einstein con su teoría de la relatividad general, según la cual los rayos de luz provenientes de una estrella lejana se deberían desviar en una cantidad específica de grados al pasar en cercanías del Sol. Esa predicción fue posible someterla a juicio durante un eclipse solar en una expedición organizada por el astrofísico inglés Arthur Eddington (1882-1944) a la isla de Principe en 1919. La propuesta de Popper es muy elegante: si las observaciones no resultan ser como lo predice la teoría, ésta queda ipso facto rechazada.

Nos detenemos en Popper no solo por la inmensa influencia de su filosofía sino también porque, como veremos más adelante, Kuhn desmonta la estructura popperiana quitándole piso a las pretensiones de superioridad de la ciencia. La mayoría de los científicos son popperianos (muchos sin darse cuenta) por la sencilla razón que con Popper es posible defender el avance progresivo del conocimiento científico hacia una mejor correspondencia con la naturaleza: rechazando teorías erróneas, aquellas que sobreviven las pruebas de falsación describen mejor la realidad; el proceso continuo de rechazar teorías que no sirven a medida que se va ampliando el dominio de los datos resulta en teorías cada vez más aptas en describir la naturaleza de manera similar al proceso de evolución darwiniana.

Desafortunadamente en el mundo real del laboratorio el criterio de Popper no funciona: debido a que toda medición está sujeta a incertidumbre, siempre existe una probabilidad no nula de que un resultado experimental negativo sea falso. En el formalismo estadístico de test de hipótesis a esta condición se le llama "errores de tipo I" y no se pueden eliminar del todo.

¿Qué dice Kuhn?

Kuhn delata su intención con la primera frase del libro:

"Si miramos apropiadamente a la historia, como un repositorio de hechos que van más allá de la anécdota o cronología escueta, se genera una transformación decisiva en la imagen de la ciencia de la cual estamos poseídos " (Kuhn 1962: 1)



Figure 4. Fotografía de Thomas Kuhn (1922-1996).
Fuente: Wikipedia

Estructura es una crítica a la noción de objetividad y de superioridad epistémica que se le atribuye a la ciencia. Mediante un examen detallado de la historia (bastante euro céntrico) y del contexto social en el que emergen las teorías científicas, el libro identifica un patrón del quehacer de los científicos. La ciencia no progresa linealmente por acumulación de conocimiento, al contrario: los conceptos científicos sufren cambios radicales en los que lo que se tenía por verdadero es reemplazado por una nueva verdad y ese proceso no avanza hacia un acercamiento garantizado a las realidades de la naturaleza. La actividad científica --según Kuhn-- exhibe periodos en los que los practicantes se ocupan de ejecutar la "ciencia normal" protegidos por la cobertura de la teoría de turno. Esos periodos de ciencia normal vienen interrumpidos por momentos de crisis seguidos por un proceso de revaluación de los conceptos fundamentales que sustentan la teoría de turno. Los actores involucrados en la crisis entran en una contienda entre aquellos que insisten en mantener el statu quo y aquellos que quieren reemplazar la teoría en crisis por una nueva (nótese la semejanza con los conflictos políticos). De este proceso emergen nuevos conceptos, nuevos moldes de resolución de problemas y nuevos compromisos, todo lo cual queda encapsulado en el término "paradigma". Hasta aquí la tesis de Kuhn parece inocua. La pólvora de la tesis aparece cuando se afirma que la escogencia de paradigmas no obedece a un método racional y lógico, sino más bien a presiones de índole social, histórica y personal (subjetivo). Durante las contiendas libradas para elegir teorías no podemos confiar en los datos empíricos porque éstos se interpretan de manera diferente de acuerdo a la teoría que los ilumina.

Kuhn necesita un vocabulario nuevo para introducir los conceptos que encontramos en *Estructura*. Para entender el texto de Kuhn es importante saber el significado preciso de términos como paradigma, compromiso, comunidad, ciencia normal, inconmensurabilidad, crisis, cosmovisión y revolución.

Paradigma, compromisos y ciencia normal

La dificultad con el concepto de paradigma es que Kuhn usa la palabra paradigma con significados diversos. Por un lado, un paradigma es una teoría junto con los compromisos que ésta conlleva, por ejemplo, la mecánica newtoniana. La ciencia normal que ocurre dentro de este paradigma sería la extensión de la teoría para resolver problemas de mecánica celeste, hidrodinámica, cuerdas en vibración, etc. La comunidad de mecánicos newtonianos comparte el paradigma y sus miembros adquieren el compromiso de trabajar en los problemas que el paradigma ofrece. Los paradigmas vienen empaquetados con sus instrumentos y expectativas. Los estudiantes son entrenados para que trabajen en los problemas abiertos del paradigma.

Otro significado de paradigma aparece cuando Kuhn se refiere al arquetipo de problemas y métodos de solución que ofrece la teoría aceptada por la comunidad de practicantes. Volvemos a encontrar aquí un compromiso, esta vez, el compromiso metodológico: los practicantes siguen un molde de resolución de problemas. Se teje así una red de compromisos:

"La existencia de esta red robusta de compromisos --
conceptuales, teóricos, instrumentales y metodológicos -- es
fuente principal de la metáfora que asocia la ciencia normal con
la resolución de acertijos." (Kuhn 1962: 42)

Aquí Kuhn se refiere a la tarea del científico como simple "resolución de acertijos". En inglés "puzzle-solving" quiere decir literalmente armar rompecabezas, significado que no está muy lejos de la manera como Kuhn concibe el trabajo rutinario del científico. El rompecabezas, sus fichas y el método de armarlo, vienen dictados por el paradigma. El científico que quiera hacer parte del "juego" tiene que aceptar el rompecabezas, sus fichas, y la metodología que viene en el paquete. Solo hay una rara excepción a las reglas del juego: cuando emerge una crisis persistente del paradigma, es lícito cambiar las fichas del rompecabezas.

Crisis y cambio de paradigma

La ciencia normal -- dice Kuhn -- no tiene como objetivo generar novedosas teorías, eso sería salirse del paradigma. Los compromisos adquiridos con la aceptación de un paradigma inevitablemente restringen el horizonte fenomenológico accesible a un programa de investigación. Sin embargo, si la tarea del científico fuese enteramente dedicada a trabajar sumisamente en los acertijos propuestos por un paradigma, no se darían los grandes descubrimientos científicos que bien conocemos. Kuhn es consciente de ello:

"Un descubrimiento comienza en el momento en el que se toma conciencia de una anomalía, es decir reconociendo que la naturaleza ha violado las expectativas del paradigma que gobierna la ciencia normal. El proceso continúa con una exploración, más o menos extendida, del área donde se encuentra la anomalía. Y concluye cuando la teoría ha sido ajustada de tal manera que lo anómalo se convierte en lo esperado" (Kuhn 1962: 52)

Para exponer el patrón histórico "ciencia normal-crisis-cambio de paradigma", Kuhn examina la crisis del modelo geocéntrico que originó la revolución copernicana, la crisis en química entre Antoine Lavoisier (1743-1794) y Joseph Priestley (1733-1804) donde surge el "descubrimiento" del oxígeno, y la crisis de la teoría de James Clerk Maxwell (1831-1879) del electromagnetismo que resultó en la teoría de la relatividad de Einstein. En suma, una comunidad de practicantes adopta un paradigma y con su trabajo se extiende el dominio de problemas donde se aplica la teoría exitosamente y se logran avances en la precisión de los experimentos que sustentan la teoría; surgen anomalías (la crisis) que persisten y que se pueden resolver con otra teoría; comienza la competencia entre los defensores de las diferentes teorías; al final el grupo que logra imponerse reemplaza el paradigma de turno; la nueva verdad científica se presenta como manifestación directa de la naturaleza y los vencedores reescriben los textos borrando las marcas humanas del forjado de la teoría. El cambio de paradigma es un cambio radical que se describe como un cambio de Gestalt (o ilusión óptica que cambia la figura percibida por la mente al observar un patrón de dibujos): Lavoisier ve oxígeno, Priestley ve aire deflogisticado. He aquí el origen de la inconmensurabilidad o incompatibilidad de conceptos entre las dos cosmovisiones (cosmovisión es el andamiaje conceptual que da soporte a la manera de entender el mundo). Este es el aspecto más controvertido de *Estructura*: los mismos datos usados por los dos campos en la contienda son interpretados de acuerdo a la cosmovisión de cada comunidad con lo cual es imposible decidir cuál es la teoría correcta usando resultados experimentales; la decisión queda entonces sujeta a factores extra-científicos:

"...la ciencia normal, en última instancia está únicamente encaminada a la identificación de anomalías y crisis. Estas a su vez se terminan, no por medio de la deliberación y la interpretación [de datos], sino por un evento relativamente rápido y no estructurado, tal como sucede con un cambio de Gestalt" (Kuhn 1962: 122)



Figure 5. Gestalt: ¿vemos una copa?, ¿o dos caras? (imagen: Wikimedia Commons)

Llevado a sus consecuencias más extremas, el razonamiento de Kuhn implica que el proceso subyacente en el surgimiento de teorías científicas no es racional, el conocimiento científico por lo tanto no es cumulativo y la ciencia no progresa hacia mayor entendimiento del mundo exterior. Aquí encontramos el golpe mortal a las pretensiones de objetividad de la ciencia:

"Es posible que nos veamos obligados a abandonar la noción, explícita o implícita, de que los cambios de paradigma lleva a los científicos y sus seguidores cada vez más cerca a la verdad " (Kuhn 1962: 170)

La respuesta a *Estructura*

La tesis de Kuhn suscitó fuertes reacciones entre los científicos y académicos a lo largo y ancho del espectro político inyectando fuerza al debate e intensificando la polarización entre los bandos. *Estructura* precipitó entre los académicos una revaloración del carácter de superioridad de la ciencia. En la década de 1980 la virulencia del debate ciencia-cultura subió de temperatura al punto de provocar la denominada "guerras de la ciencia" (véase por ejemplo Sokal 2010).

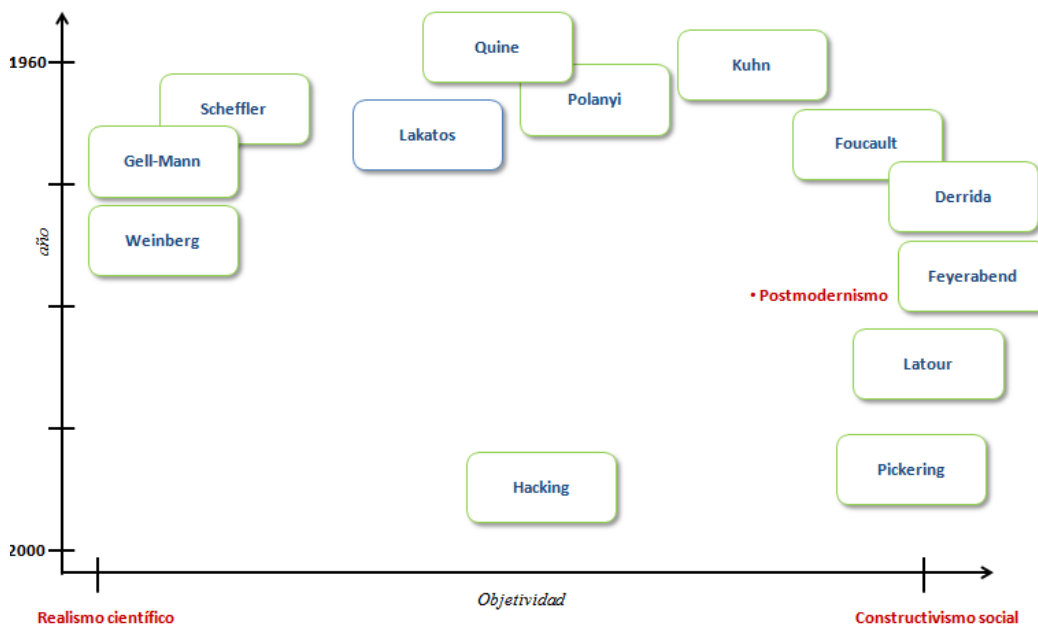


Figure 6. Contribuciones al debate de la ciencia (post-Kuhn). La comparación con la situación antes de Kuhn (ver Figura 2) muestra la polarización del debate.

Las ideas de Kuhn no fueron muy originales. El análisis de Kuhn es similar a las ideas de Ludwik Fleck, el médico y biólogo polaco pionero en el campo de la sociología de la ciencia. Su análisis, editado en 1935 (Fleck 1986) explora los factores sociológicos que rodean la gestación de una teoría científica. Según Fleck los conceptos científicos (tanto teorías como "hechos" científicos) son producto de la cultura, en el sentido de ser producto del consenso de una comunidad de practicantes cuyos miembros comparten un mismo marco interpretativo. No existe un investigador aislado; los conceptos son producto de una colectividad. Puesto que el conocimiento es producto de la cultura, las verdades científicas van cambiando de acuerdo a factores sociales, psicológicos e históricos, lo cual conlleva la pérdida de objetividad. No podemos decir que ahora estemos más cerca de la verdad objetiva de lo que estaban los filósofos del pasado hace 100, 200 o 1.000 años. La cohesión de una comunidad viene provista por un "estilo de pensamiento" (Denkstil) propio y la noción de "colectivo de pensamiento" (Denkkollektiv) implica el establecimiento de comunidades separadas por fronteras conceptuales infranqueables. Con estas bases Fleck desarrolla el concepto de inconmensurabilidad tal como lo encontramos en Kuhn.

Cuestionar la objetividad de la ciencia no es algo original de Kuhn, tampoco lo es el análisis histórico y social. Jerome Ravetz (1971) ya nos había hablado del carácter artesanal del quehacer científico. La idea de que la ciencia es neutral, libre de juzgamientos, impersonal y universal también fue criticada por otros autores de la época, como Michael Polanyi (1964) y Norwood Russell Hanson. Entonces, ¿cómo explicar el ascenso de Kuhn al trono de los héroes

de las humanidades? Quizá (guiados por un análisis kuhniano!) podríamos decir que el fenómeno Kuhn fue producto de los años 60s cuando el orden del día era la protesta contra los sistemas de poder y la ciencia se percibía como un instrumento en colusión con el estado y su aparato militar.

El filósofo de la ciencia Paul Feyerabend, quien estudió con Popper, criticó a Kuhn por no ser más explícito en establecer la irracionalidad inherente en el proceso científico. En *Against Method* (1975) Feyerabend lleva la tesis de Kuhn al extremo, argumentando que no existe un método científico y que los avances científicos obedecen no a la lógica sino a movidas enteramente irracionales y anárquicas. La crítica y la postura anti-ciencia promovidas por Kuhn, Polyani, Hanson, Feyerabend y otros, encontró terreno fértil en el movimiento de crítica a la noción clásica de racionalidad a cargo de la elite intelectual francesa. Específicamente Michel Foucault y Jacques Derrida, quienes cuestionaron la posibilidad de conocimiento objetivo, no solamente en las ciencias. Los conceptos son productos de la cultura -- dice Foucault--y el significado que asignamos a los objetos y a los textos son construcciones producto de la interpretación -- dice Derrida. En suma, el análisis cartesiano es reemplazado por hermenéutica.

Historiadores y sociólogos de la ciencia tomaron nota de la aproximación constructivista y lo aplicaron al proceso científico. El "programa fuerte" de estudios sociales de la ciencia y el trabajo de Bruno Latour (1987) son una extrapolación de Kuhn, Foucault y Derrida que mostró cómo las teorías científicas se pueden entender como construcciones sociales. Según Latour y sus seguidores, entre los miembros de la comunidad científica se fragua un consenso en un proceso más bien parecido a las actividades de un partido político que lucha por el poder. Los quarks son una construcción social (Pickering 1984), los átomos son una construcción social, etc. No es la naturaleza la que está en control y la que justifica el conocimiento generado por la ciencia; las verdades científicas son elaboraciones que resultan de la interacción entre los actores que tienen acceso a los espacios donde se fabrica el consenso.

Esta visión postmodernista de la ciencia, rechazada por Kuhn (1991), fue acogida con entusiasmo por los académicos en las áreas de las humanidades y las ciencias sociales, sobre todo los sociólogos. Los filósofos de la ciencia y los sociólogos de la ciencia tomaron caminos separados. Israel Scheffler (1967), filósofo de la ciencia, profesor emérito de la Universidad de Harvard, fue un crítico severo de Kuhn y sus seguidores y advirtió que el rechazo de la objetividad científica nos lleva al relativismo cultural en el cual el chamán, el astrólogo, el demagogo, el impostor, o cualquier prestidigitador puede reclamar la misma autoridad intelectual para validar sus ideas y promover su agenda ideológica. El discurso racional, ordenado y no coactivo es esencial para el buen funcionamiento de una sociedad -- dice Scheffler -- pero esa posibilidad se convierte en anarquía y da paso al dogmatismo si cualquier individuo reclama arbitrariamente su propia verdad sólo porque se le ocurrió que tenía la razón o porque existen intereses comerciales o ideológicos de por medio.

Entre la comunidad científica los razonamientos de Kuhn fueron rechazados con vigor. Quizá la voz más clara y los argumentos más fuertes vinieron de la pluma de Steven Weinberg:

"En los últimos cuarenta años yo he participado de cambios revolucionarios en la manera como los físicos entienden las partículas elementales que constituyen la materia. Las revoluciones más importantes del siglo XX, la mecánica cuántica y la relatividad, ocurrieron antes de mi tiempo, pero son la base de la investigación entre los físicos de mi generación. En ningún momento he observado indicio alguno de la inconmensurabilidad entre paradigmas pregonada por Kuhn. Nuestras ideas han cambiado pero siempre hemos continuado la evaluación de nuestras teorías de la misma manera: una teoría se considera exitosa si está basada en principios fundamentales y explica bien y de forma natural los datos experimentales. No estoy diciendo que poseemos una receta para verificar teorías, o que entendemos con claridad el significado de "principios fundamentales" o "de forma natural." Solo afirmo que no han habido cambios repentinos en la manera como validamos las teorías y que siempre ha sido posible la comparación de la veracidad de una teoría antes y después de una revolución" (Weinberg 2001) [mi traducción]

Weinberg desvirtúa el argumento de inconmensurabilidad, mostrando con ello que efectivamente el progreso de la ciencia sí es posible. La inconmensurabilidad entre paradigmas elimina la posibilidad de establecer un criterio externo para juzgar teorías. Recordemos el razonamiento de Kuhn: una misma entidad (por ejemplo masa) está asociada a conceptos completamente distintos de acuerdo al paradigma y por eso los seguidores de un paradigma no se pueden comunicar de manera significativa con los seguidores del paradigma rival; por otro lado, los mismos datos pueden ser interpretados simultáneamente por los defensores de paradigmas distintos como consistentes con su paradigma, con lo cual es imposible usar los datos para determinar cuál es la teoría correcta. Esos argumentos no tienen nada que ver con la manera como funciona la ciencia, nos dice Weinberg, quien no es un cualquiera. Nadie puede decir con honestidad que Weinberg no conoce el proceso científico. Weinberg es un científico destacado y uno de los arquitectos del modelo estándar de partículas y fuerzas. En 1979 recibió el Premio Nobel en física por su trabajo (junto con Sheldon Lee Glashow y Abdus Salam) en la teoría de unificación de las interacciones electromagnética y nuclear débil.

Más adelante Weinberg critica la noción de Kuhn de "ciencia normal" recordando que las teorías o paradigmas se construyen paulatinamente, no por revolución sino por evolución gradual y continuamente retadas por anomalías que no precipitan las crisis presagiadas por Kuhn. Weinberg también señala que la noción de Kuhn del científico que trabaja hipnotizado por un paradigma es completamente errónea. Numerosos ejemplos muestran todo lo contrario: los científicos no son sumisos a un paradigma, continuamente están retando el consenso, identificando errores y proponiendo cambios a la teoría. Los científicos tampoco son ciegos, las observaciones de Eddington para verificar la predicción de la relatividad general de la desviación de las trayectorias de luz y las de Edwin Hubble donde mostró la expansión del universo, han recibido críticas porque, aparte del notorio activismo de este par de científicos, en su momento no eran observaciones robustas que ofrecían un soporte irrefutable a las teorías mencionadas. Las críticas pueden ser correctas pero de no haberse confirmado las observaciones de Eddington y Hubble repetidamente y con mayor precisión, tarde o temprano la comunidad científica hubiera terminado rechazando esas teorías sin importar la influencia ejercida por Eddington y Hubble, tal como ocurrió con el calórico, el flogisto, el éter luminífero, los rayos 'n' o casos más recientes como los monopolos magnéticos (Blas Cabrera) y ondas gravitacionales (Joseph Weber). Cabrera y Weber gozaban de una posición alta en los establecimientos de la elite científica, sin embargo sus resultados experimentales no se han corroborado y por lo tanto no han sido aceptados por la comunidad científica. Por esas razones la ciencia tiene ventajas epistémicas.

Reflexión final

Vivimos inmersos en la tecnología y como actores de (y en) la naturaleza estamos afectando el mundo; cada día nuestros líderes y nosotros mismos a nivel individual nos vemos obligados a tomar decisiones que directa o indirectamente tienen que ver con los productos de la ciencia. Es importante entonces que el ciudadano y los líderes de la sociedad contemporánea entiendan cómo funciona la ciencia y al mismo tiempo puedan apreciar el significado del conocimiento derivado de la investigación científica. La ciencia no puede entregar resultados absolutamente certeros, siempre hay riesgos y probabilidades asociados con los diagnósticos. No es posible ni útil catalogar a una teoría como "falsa" o "verdadera". Las teorías científicas son aproximaciones de carácter conjetural, temporal y contingente; siempre sujetas a cambios. La ciencia es una empresa humana y como tal está sujeta a las complejidades del comportamiento humano. El proceso científico no es una sencilla receta (el "método científico") para desvelar las verdades del universo. Tampoco es un proceso arbitrario en el que tienden a imponerse las ideas del actor con más poder. Lo maravilloso es que la ciencia funciona a pesar de todas estas condiciones limitantes.

A Kuhn le debemos su contribución al entendimiento de la ciencia en el sentido de poner atención al proceso de descubrimiento incluyendo el contexto histórico social. Es importante tener en cuenta la contingencia y el carácter conjetural de las teorías. Otro favor que le

debemos a Kuhn es que nos libró del cientificismo y también gracias a Kuhn los científicos (bueno algunos) volvieron a interesarse por el debate sobre la naturaleza del conocimiento científico, debate que desde el comienzo ha sido un debate interno a la ciencia. Continuar el debate es importante -- como lo señala Bruno Latour -- para eliminar la dicotomía ciencia-cultura y zanjar la brecha entre naturaleza y sociedad.

Desafortunadamente, a partir de Kuhn el debate de la ciencia se ha polarizado marcadamente haciendo que la comunidad científica vea con sospecha los estudios sociológicos de la ciencia. La caracterización sugerida por el diagrama de contribuciones al debate de la ciencia (Figura 6) refleja la situación de polarización actual colocando las diferentes ideas sobre la ciencia en el "eje de objetividad". Implícito en esa idea es que los dos extremos son excluyentes: o algo es construcción social o es objetivo, pero no los dos. La realidad no se acomoda a ese molde rígido. Es importante considerar una solución pragmática al debate donde se acepte que la ciencia sí puede ser una construcción social y al mismo tiempo reconociendo que no todas las construcciones sociales poseen los mismos méritos. Al aceptar que la ciencia es una construcción social no estamos necesariamente negando su objetividad. Es innegable que las teorías científicas se conciben en medio un caldo social sujeto a presiones externas a la ciencia, pero eso no quiere decir que la comunidad científica termina aceptando tesis que son resultado del oportunismo político. El registro histórico está repleto de ejemplos de teorías erróneas elaboradas por influyentes figuras de la elite que a pesar de sus influencias no pudieron hacer que sus teorías fueran aceptadas.

En *Estructura* Kuhn hace una lectura de la historia de la ciencia enfocándose en el proceso en el cual un paradigma es reemplazado por otro. La de Kuhn no es la única lectura que se le puede dar a la historia y el patrón "ciencia normal-crisis-cambio de paradigma" no es el único patrón que emerge de la historia. Shapin, por ejemplo, concluye —contrario a Kuhn— que la revolución científica del S. XVII nunca ocurrió (Shapin 1996). Su análisis muestra que la "revolución científica" fue el proceso gradual donde se definieron las fronteras entre la filosofía natural, por un lado, y la teología y los asuntos del estado, al otro lado. Se pueden identificar muchos otros patrones. Una visión muy diferente resultaría, por ejemplo, si nos enfocamos en la historia de las teorías fracasadas. Hay miles de teorías que no fueron aceptadas por la comunidad científica o que fueron aceptadas por un momento pero luego fueron rechazadas. Muchas de ellas promovidas por influyentes científicos que tenían acceso a los hilos del poder y ejercían las mismas presiones sociales que según los postmodernistas estarían detrás de las teorías que sí fueron aceptadas por la comunidad científica. En mi libro *El Big Bang* (Torres 2011), expongo en detalle el caso del modelo cosmológico propuesto por el influyente astrofísico inglés Fred Hoyle (1915-2001). Si examinamos el contexto social, el manejo de influencias y las circunstancias históricas, tal como lo prescribe Kuhn, llegamos a la conclusión de que debería ser el modelo de Hoyle y no el Big Bang el que sería aceptado por la comunidad científica. Pero no fue así. La comunidad científica rechazó el modelo de Hoyle y aceptó el modelo del Big Bang simplemente porque el Big Bang es consistente con docenas de observaciones astronómicas mientras que el de Hoyle no lo es (para una exposición detallada

de los argumentos véase Torres 2011b).

De los párrafos anteriores se desprende un mensaje muy claro: la ciencia tiene implicaciones sociales y al mismo tiempo --para bien o para mal--la ciencia es el mejor instrumento que la humanidad ha desarrollado para manejar nuestra relación con la naturaleza. Ese instrumento hay que manejarlo con cuidado.

Referencias

- Einstein, A., Infeld, L. (1942), *The Evolution of Physics*, Simon and Schuster, Nueva York, N.Y.
- Feyerabend, P. (1975), *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*, New Left Books.
- Fleck, L. (1986), *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid. Alianza Editorial. 1986.
Original: Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv
- Hume, D. (1984), *Del conocimiento*, Madrid, Sarpe.
- Kuhn, T. (1962), *The structure of scientific revolutions*, University of Chicago Press, (las citas fueron tomadas de la segunda edición de 1970, las traducciones son mías)
- Kuhn, T. (1991), "The trouble with the historical philosophy of science" en *Road since Structure*, 105-20.
- Latour, B. (1987), *Science in Action*, Harvard University Press.
- Polanyi, M., *Science, Faith and Society*, Oxford University Press, 1946.
- Pickering, A. (1984), *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics*, The University of Chicago Press.
- Quine, W.v.O, (1951), "Two Dogmas of Empiricism", *The Philosophical Review*, 60: 20--43,
Republicado en *From a Logical Point of View*, Harvard University Press, 1953.
- Ravetz, J. (1971), *Scientific knowledge and its social problems*, Nueva York, Oxford University Press.
- Scheffler, I. (1967), *Science and Subjectivity*, Bobbs-Merrill.
- Shapin, S. (1996), *The Scientific Revolution*, The University of Chicago Press.
- Sokal, A. (2010), *Beyond the Hoax: Science, Philosophy and Culture*, Oxford University Press.
- Torres, S. (2011), [*El Big Bang: aproximación al universo y a la sociedad*](#), Siglo del Hombre Editores, Bogotá.
- Torres, S. (2011b), "El modelo cosmológico estándar: veredicto al post-modernismo", URL: http://www.astroverada.com/torres/pubs/files/juzgando_el_postmodernismo.pdf
- Uebel, T. (2012), "[Vienna Circle](#)", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2012 Edition), Edward N. Zalta (ed.)
- Weinberg, S. (2001), *Facing up: Science and its cultural adversaries*, Harvard University Press.