

Teorías, modelos y paradigmas en la investigación científica

Lucio Bribiesca y Gabriel Merino

Las teorías científicas y su desarrollo pre-kuhniano

Sin duda, uno de los componentes fundamentales, y el producto terminado de todo proceso de investigación científica, lo constituye una *teoría científica*. Vista desde su organización interna, una teoría científica es una estructura lógico-lingüística que expone coherentemente una explicación razonable sobre un determinado objeto, fenómeno o situación de estudio, la cual se sujeta a los criterios y procesos de validación de una comunidad científica mediante un consenso normado.

Ahora, desde un punto de vista epistemológico, existen diversos modos de enfocar y analizar un objeto de estudio, situación que genera el desarrollo y la competencia entre diversas explicaciones que pretenden convertirse, cada una de ellas, en la “explicación objetiva” de tal objeto. Así, una teoría científica puede transformarse en un “modelo” provisional de investigación para una disciplina o campo determinado de la ciencia. Es decir, una teoría científica puede aspirar a dirigir el desarrollo de la investigación durante el tiempo que perdure su capacidad explicativa, hasta que los aportes de nueva información, nuevos descubrimientos o nueva evidencia la cuestionen.

De acuerdo con esto, son numerosos los casos en la historia de la ciencia en que un *cambio teórico* (esto es, una transformación novedosa en el modo tradicional de explicar un objeto) genera las más importantes revisiones y modificaciones en los distintos campos científicos. Por ejemplo, y por citar sólo algunos, tenemos

a la geometría euclidiana frente a la no euclidiana, la física aristotélica frente a la física newtoniana, la astronomía geocéntrica frente a la heliocéntrica, la alquimia frente a la química, etcétera... todas ellas explicaciones especiales de determinados objetos y sectores de la realidad (naturaleza, mundo o universo) que en sus respectivos momentos fueron auténticos modelos de investigación.

Ahora bien, para determinar la validez de una teoría científica y su efectividad práctica, es necesario tomar en cuenta varios aspectos o criterios, tales como que ésta solucione problemas teóricos o empíricos, elimine enigmas e incógnitas, tenga amplia capacidad para representar y operar fenómenos difícilmente manejables a nivel empírico, o presente un desarrollado poder predictivo para aquellas situaciones análogas al fenómeno estudiado, entre otros. Sin embargo, desde un punto de vista epistemológico, encontrar cuáles son los requisitos básicos y los criterios adecuados de valoración que debe cumplir una teoría científica representa uno de los mayores desafíos para cualquier estudio de la ciencia.

Tradicionalmente, la ciencia ha sido vista como una actividad consistente, en cierto modo, en la “mera verificación” de aquellos resultados obtenidos que correspondan a la “realidad objetiva”, concebida ésta como un espacio “neutro” o “aséptico” donde es inadmisibles (por razones de “objetividad”) cualquier intervención o interpretación de los “datos” de la “realidad” por parte del investigador, por considerarse “subjetiva” o “personal”.

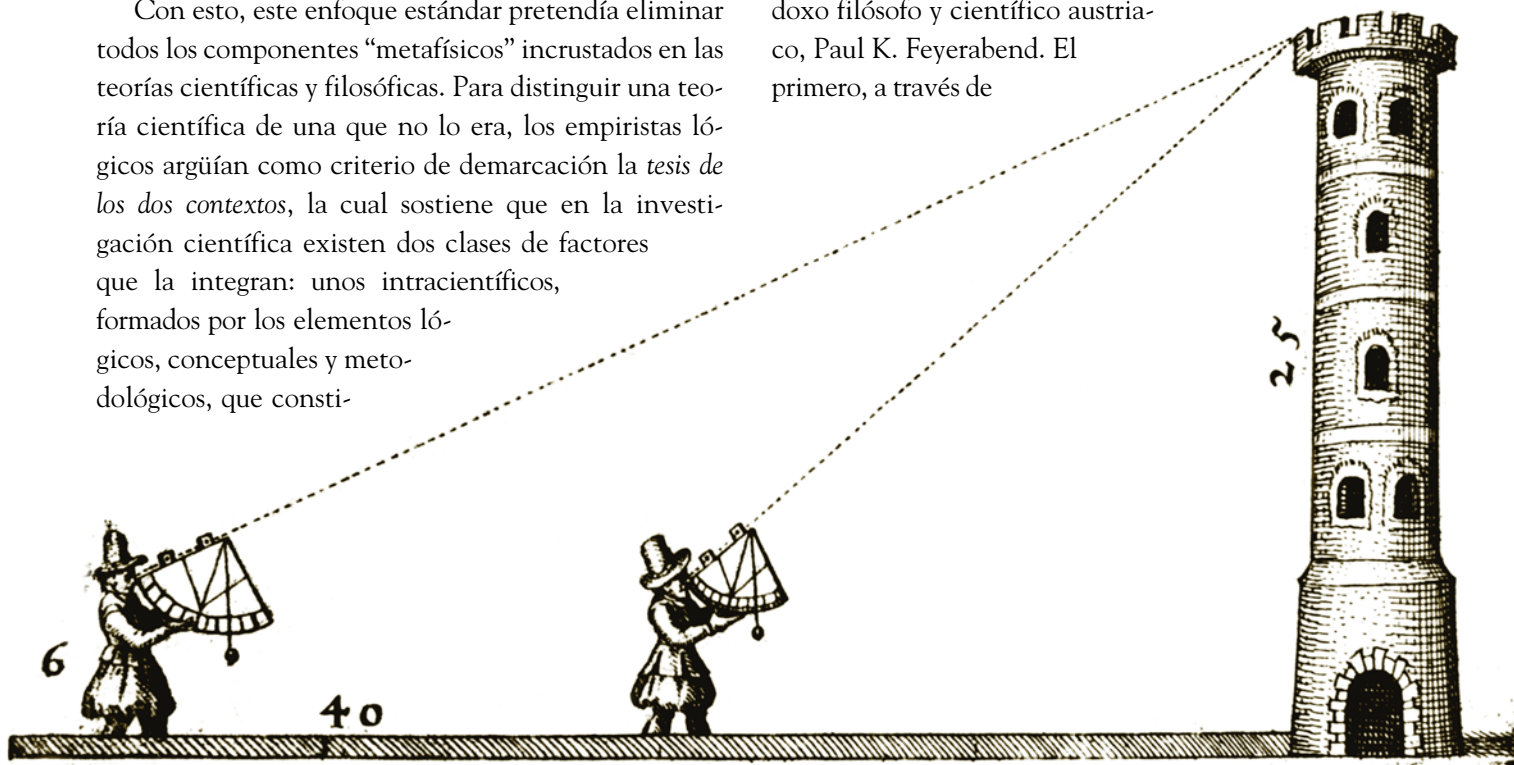
Esta imagen de la investigación científica corresponde a la visión positivista desarrollada durante el siglo XIX, que con algunas variantes arraiga en el siglo XX, principalmente en el campo de la filosofía de la ciencia. La idea de que la *cientificidad* de una teoría o explicación sobre algún objeto o conjunto de objetos del mundo radicaba en la “verificabilidad” de sus postulados fue sostenida por la así llamada *concepción heredada* o *concepción estándar* en filosofía de la ciencia, promovida por el grupo de científicos y filósofos del Círculo de Viena (*Wiener Kreis*) entre los años veinte y treinta del siglo pasado. Su objetivo era elaborar una “concepción científica del mundo”, apostando por la capacidad de la lógica matemática (desarrollada en las últimas tres décadas del siglo XIX y en los inicios del XX, primordialmente por el matemático alemán Gottlob Frege, entre otros) para convertirse en una rigurosa herramienta de análisis del lenguaje científico y de formalización de las teorías científicas. Aunado a esto, esta concepción estándar o *empirismo lógico*, sostuvo que los criterios de verificación para las teorías científicas deben derivarse de una perspectiva “fiscalista”; esto es, una descripción capaz de reducir cualquier objeto, elemento, propiedad, factor o relación a detallados “estados físicos” medibles o cuantificables.

Con esto, este enfoque estándar pretendía eliminar todos los componentes “metafísicos” incrustados en las teorías científicas y filosóficas. Para distinguir una teoría científica de una que no lo era, los empiristas lógicos argüían como criterio de demarcación la *tesis de los dos contextos*, la cual sostiene que en la investigación científica existen dos clases de factores que la integran: unos intracientíficos, formados por los elementos lógicos, conceptuales y metodológicos, que consti-

tuyen el *contexto de justificación*, y otros extracientíficos, formados por los factores psicológicos, sociales e históricos, y que componen el *contexto de descubrimiento*. Para esta concepción, el contexto de justificación tiene el papel primordial en la investigación científica, mientras que al contexto de descubrimiento se le asigna un lugar meramente secundario o irrelevante en el desarrollo de la ciencia.

Fue hasta la década de los años cuarenta del siglo pasado que esta perspectiva estándar de la ciencia fue revisada y criticada por el también filósofo austriaco Karl R. Popper, quien aseveró que una teoría científica lo es no porque simplemente “verifique” sus resultados, sino debido a su *falsabilidad*, es decir, a su capacidad para ser cuestionada en aquello que no es tan fácilmente explicable y mantener, así, el carácter dinámico del proceso de investigación científica. Popper advierte que hay que desconfiar de aquellas teorías que afirman que lo explican todo, “teorías omniexplicativas”, porque no pueden considerarse científicas a causa de que *no pueden ser falsadas* y atentan contra su propio desarrollo como teorías.

Este *falsacionismo popperiano* fue posteriormente revisado por dos de sus principales discípulos: el matemático de origen húngaro Imre Lakatos y el poco ortodoxo filósofo y científico austriaco, Paul K. Feyerabend. El primero, a través de



su propuesta de la *metodología de los programas de investigación*, trató de ampliar el potencial analítico y heurístico del falsacionismo popperiano. Para ello planteó la necesidad de que la filosofía y la historia de la ciencia participaran en las reconstrucciones racionales de ésta. Por su parte, Feyerabend desarrolló una propuesta radical en la filosofía de la ciencia con su así llamada *anarquismo o dadaísmo epistemológico*, el cual exigía que la ciencia diera cuenta de por qué se había convertido en un saber especial y elitista frente a otros tipos de saber que, históricamente, no tendrían por qué ser diferentes a ella, como la magia, el vudú o el chamanismo.

Kuhn y las revoluciones científicas

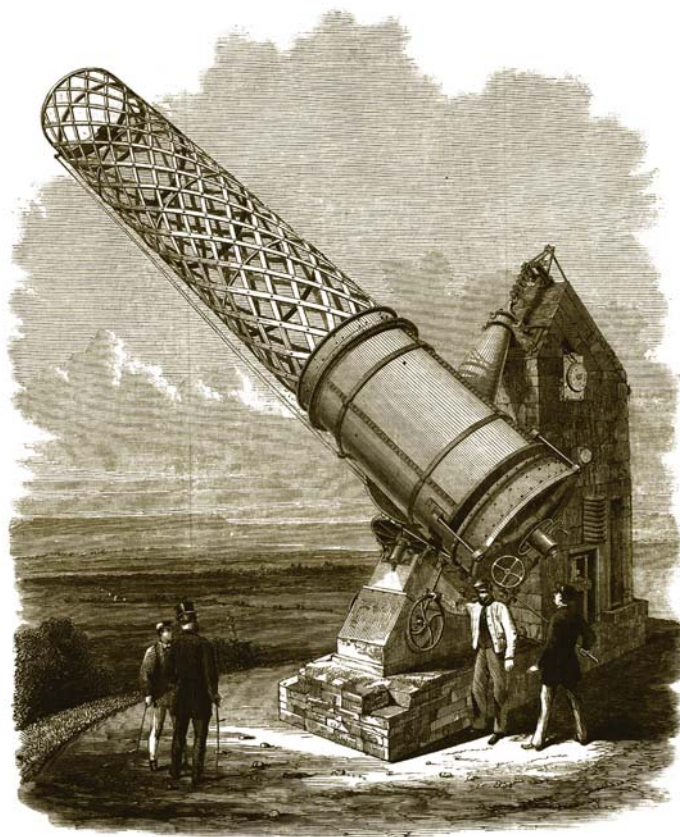
Aunque las obras de Popper, Lakatos y Feyerabend irrumpieron para cambiar el sentido tradicional o heredado de la filosofía de la ciencia hacia fines de los años cincuenta y toda la década de los sesenta, la obra que marcaría un verdadero parteaguas en la historia y la filosofía de la ciencia es *La estructura de las revoluciones científicas*, del físico, historiador y filósofo de la ciencia norteamericano Thomas S. Kuhn.

Esta obra plantea la revaloración de los factores históricos y sociales como componentes relevantes en la explicación de los cambios de la racionalidad científica. Es decir, revalora la importancia explicativa del proverbialmente desdeñado contexto de descubrimiento. De acuerdo con las ideas de Kuhn, el desarrollo de la ciencia no puede depender de una estructura metodológica concebida algorítmicamente para progresar, sino que necesita considerar también aquellos *factores no lógicos y heurísticos* presentes en las investigaciones científicas, tales como los límites y problemas epistemológicos en la actividad experimental para lograr que sus resultados sean aceptados como ciertos; la intervención de la sorpresa y la serendipia en los descubrimientos científicos; el manejo de la incertidumbre en los sistemas físicos y sus mediciones, etcétera.

Por otro lado, la visión acumulacionista de la ciencia (para la cual la investigación científica es un simple inventario o depósito de verdades, descubrimientos e inventos) es uno de los principales blancos de crítica por parte de Kuhn, pues tal “acumulacionismo”

es consecuencia de interpretaciones científicistas y “progresistas” que conciben el desarrollo de la racionalidad científica como lineal y continuo, con el cual se alcanzaría, indefectiblemente, el reinado de la ciencia frente a cualquier otro tipo de saber; su lema sería: “ciencia, orden y progreso”.

Frente a esta visión continuista, la propuesta discontinuista de Kuhn se desarrolla bajo dos nociones básicas: *paradigma científico* y *revolución científica*. Nociones que actualmente han sido tan desgastadas por su uso y aplicación indiscriminados en todos los ámbitos de la vida social (desde el académico hasta otros tan distantes como la administración de empresas y la industria automotriz), que llegan a perder con facilidad su significado original. Por este motivo, es preciso destacar que aun en el propio ámbito filosófico y científico la noción de paradigma fue entendida en una acepción muy simple, como “modelo que derrumba a otro modelo existente”. Debido a ello *La estructura de las revoluciones científicas* no se logró entender tal como Kuhn la había concebido; por ello se vio obligado a



revisarla en 1969, añadiendo una posdata donde habla de los dos aspectos de un paradigma o “matriz disciplinaria”: el *sociológico* (conjunto de creencias, valores, técnicas, etcétera, compartidos por una comunidad científica) y el *filosófico* (un elemento de dicho conjunto serían las soluciones de problemas usadas como modelos o ejemplos en la ciencia).

Al hablar de “matriz disciplinaria”, Kuhn la entiende como una organización de elementos teóricos, simbólicos, axiológicos, ejemplares y discursivos que serán especificados por quienes practican una disciplina científica particular. De este modo, podemos señalar que una teoría científica llegaría a ser un paradigma si proporcionara e integrara los componentes mínimos de esta estructura organizativa.

Anomalías, enigmas y paradigmas

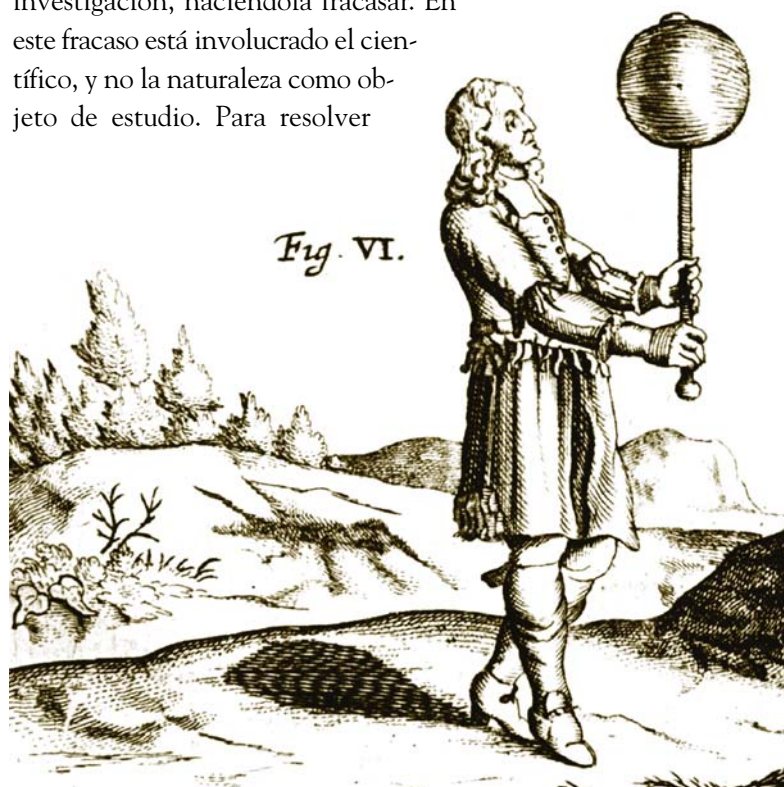
Hemos indicado que, para Kuhn, la ciencia no es un proceso lineal y continuo de acumulación de teorías, descubrimientos e inventos. Esta errónea concepción ha tenido como consecuencia una desafortunada caracterización de la ciencia en nuestra educación, pues se piensa que las realizaciones científicas son resultado de una serie de conceptos y hallazgos cuidadosamente depurados, donde lo residual está constituido por todas aquellas concepciones, metodologías y principios que antes fueron considerados “científicos” y hoy son tenidos como ingenuos, triviales e inservibles.

El desarrollo histórico de la ciencia es un proceso más complicado. Para dar cuenta de ello, Kuhn elaboró su teoría de las revoluciones científicas en torno a su concepto central de paradigma. Como establecimos anteriormente, un paradigma puede ser un *modelo* o *ejemplar* de aquellos problemas por resolver en una disciplina científica y del modo como se darán las soluciones. Así, un paradigma es una forma especial de entender el mundo, explicarlo y manipularlo.

Esta noción de paradigma está vinculada estrechamente con la noción kuhniana de “ciencia normal”, definida como la actividad donde los científicos extraen información de la naturaleza (mundo) y resuelven los problemas que se les presentan, apoyándose en *un paradigma que no es puesto en duda*. Cuando un para-

digma es capaz de asegurar a los científicos que los problemas investigados son relevantes para su disciplina, entonces se respalda el desarrollo de complicados y costosos aparatos y equipos para investigar, agotando o extendiendo el campo de estudio. Esto depende de dos factores: uno, que la validez del paradigma siga aceptándose y reconfirmándose, y dos, circunstancias extrañas a él, como la precisión de los instrumentos utilizados, las posibilidades de inversión económica, la prospectiva que ofrece el propio paradigma, etcétera. En este sentido, la ciencia normal facilita la unión entre los hechos y las predicciones de la teoría, construyendo la naturaleza a los límites establecidos por el paradigma. El científico, durante el periodo de la “ciencia normal”, debe ser capaz de explicar los fenómenos naturales revelados por la puesta en práctica de la observación y la experimentación, cuyos resultados son comparados con las soluciones y predicciones del paradigma en turno. Sin embargo, cuando ante dicho paradigma se presentan problemas imprevistos o extraordinarios que no concuerdan con sus presupuestos, estamos ante la aparición de *enigmas*.

Los enigmas ponen en entredicho y en riesgo los procedimientos establecidos para realizar una investigación, haciéndola fracasar. En este fracaso está involucrado el científico, y no la naturaleza como objeto de estudio. Para resolver



un enigma pueden plantearse una o varias soluciones, o ninguna; aquí depende de la puesta en juego de los conocimientos y destrezas del científico para resolverlo. En este caso, un paradigma debe facultar a los miembros de una comunidad científica para resolver los enigmas mediante un compromiso teórico, metodológico e instrumental. Estos compromisos generan una serie de reglas para ordenar el mundo y solucionar los problemas y enigmas, pero las reglas serán siempre suministradas por el paradigma para su ulterior aplicación.

En esta perspectiva, cabe decir que la ciencia se rige siempre por paradigmas, y que las comunidades científicas no necesitan de un conjunto de reglas, ya que desde el punto de vista teórico, no se requieren, aunque en la práctica sí se utilicen. Precisamente cuando una comunidad de investigación más necesita de un conjunto de reglas es cuando la ciencia se aproxima a un periodo de crisis, porque la confianza en el paradigma se deteriora. Aunque los paradigmas no producen novedades fácticas o teóricas, sí pueden surgir teorías completamente nuevas que hacen desaparecer el modelo anterior. ¿Por qué sucede esto? Porque el paradigma establecido, aunque no es propenso al cambio (es más, le opone resistencia), inicia un proceso de deterioro cuando nuevos descubrimientos le mues-

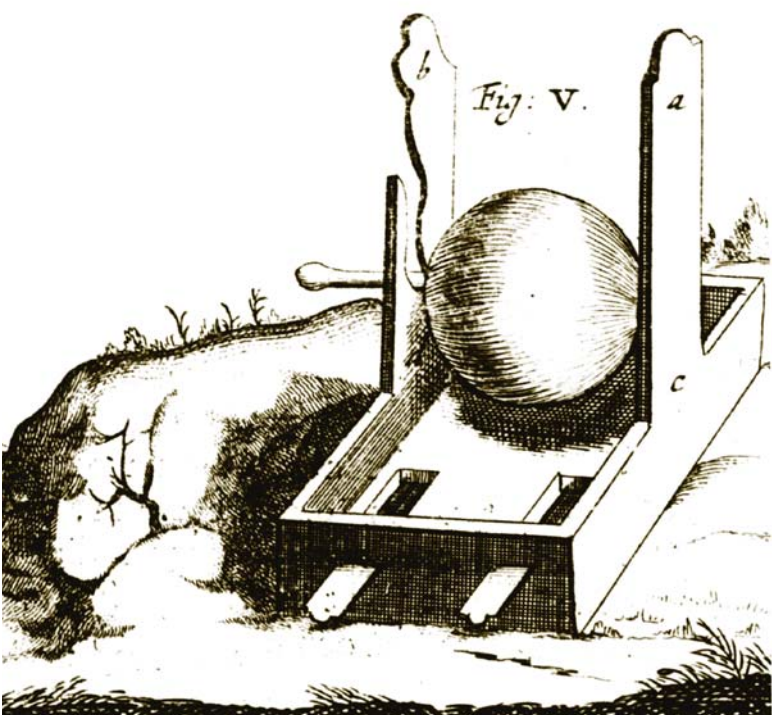
tran que la naturaleza “ha violado las expectativas inducidas por él”. A esta “transgresión” Kuhn la llamó *anomalía*.

Frente a una anomalía la “ciencia normal” reacciona estupefacta, porque no puede, de entrada, resolverla; se le convierte en un enigma que –eventualmente– obliga a modificar al propio paradigma y, por ende, genera un cambio en el modelo de resolución de problemas. El surgimiento de un nuevo paradigma anuncia una *revolución científica*, y es indicativo de que la “ciencia normal” ha fracasado en la explicación de las anomalías y en la resolución de los enigmas. Es un periodo de inseguridad que tiende a convertirse en una verdadera *crisis científica*.

La llegada de una *revolución científica* siempre supone la incompatibilidad entre paradigmas: se elige un paradigma y se eliminan los demás. Los criterios que norman dicha elección no son objetivos, sino más bien la validación que obtiene el nuevo paradigma por parte de la comunidad científica, vía el consenso entre sus integrantes. Esto sigue siendo motivo de fuertes discusiones entre la comunidad de científicos y filósofos de la ciencia. Lo que sí es claro es que las nuevas teorías nacen de las anomalías no resueltas por un paradigma caduco.

Entre las razones por las cuales se lleva a cabo una revolución científica, la simplicidad, armonía y equilibrio interno de una teoría suponen una atracción y un interés para el científico; esto es, se le da una cierta *dimensión estética* a la teoría, en tanto que la confianza que inspira una nueva teoría para resolver los nuevos problemas le proporciona al científico una sólida seguridad epistémica y heurística. Sin embargo, esa dimensión estética y esa seguridad epistémico-heurística en el cambio de paradigma siguen dependiendo de los criterios de elección establecidos por una comunidad científica para escoger la teoría más adecuada, de entre un grupo de explicaciones en competencia.

En relación con esto, el progreso científico podría asemejarse al proceso de evolución biológica sugerido por Charles Darwin, donde los mecanismos de la selección natural permiten el desarrollo de seres más complejos, especializados y adaptados para sobrevivir en la naturaleza. Si hablamos de “selección natural” en la ciencia, los distintos modelos explicativos de fenó-



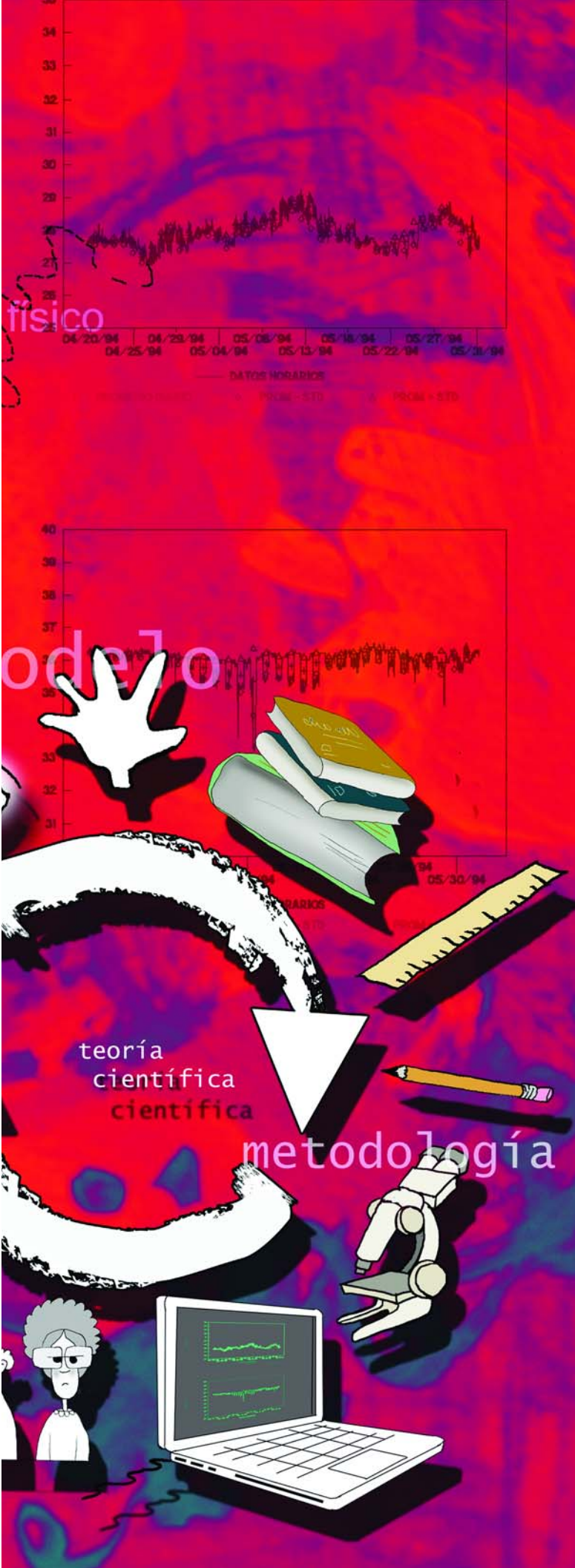
menos o procesos estarían en competencia constante para superar toda anomalía y enigma en el proceso de investigación. De este modo, el modelo más adaptado será aquel que muestre su eficacia para resolver los problemas de investigación: éste será el modelo a seguir. De acuerdo con esta visión, cada etapa de desarrollo científico será progresiva y ofrecerá explicaciones menos generales y más detalladas del mundo; será más sutil que las anteriores, pero ello no supondrá un progreso lineal y continuo, sino *paradigmáticamente discontinuo*.

Paradigmas, modelos y sistemas físicos

Bajo esta perspectiva, la instauración de un paradigma científico como modelo teórico se explica de modo más preciso por la relación entre las nociones de *paradigma* y *modelo*. Esta relación presenta dos aspectos a considerar: uno, el paradigma como modelo onto-epistemológico; y dos, el modelo científico tradicional como representación de un fenómeno. El primer aspecto considera al paradigma científico como un patrón o guía integrado por las creencias e ideas y que orienta las actividades y realizaciones de los científicos durante un cierto periodo de tiempo. El segundo se refiere a la noción habitual de modelo como una representación de un objeto, fenómeno o proceso que construye y utiliza el científico. En este sentido, la sólida relación entre ambos aspectos estará determinada por la capacidad del modelo para explicar el fenómeno representado. Desde este punto de vista, el tipo de modelo más adecuado, según lo que se ha descrito, es el llamado “sistema físico”; es decir, una representación abstracta (teórica) de un evento que ocurre en la “realidad física” y que puede ser “observado”, “experimentado” y “medido”.

Uno de los ejemplos históricos que permite ver la relación de un sistema físico como modelo y su constitución en paradigma científico es el caso de los modelos cosmológicos de Ptolomeo y Copérnico. El *modelo* geocéntrico de Ptolomeo constituyó el *paradigma* astronómico en Occidente durante más de mil años. Para el siglo XV de nuestra era, éste se había enfrentado a diversos problemas astronómicos que no había logrado





resolver satisfactoriamente. La única forma de solucionarlos fue “salvando los fenómenos o apariencias”; es decir, ajustando la naturaleza al modelo: ¡el modelo era correcto, la naturaleza era errónea! Cuando Nicolás Copérnico incorporó información más detallada (y desde otra perspectiva o *modelo*) sobre el *sistema físico*, lo que puso en marcha fue un nuevo paradigma que resolvió cada uno de los inconvenientes presentes en el modelo ptolemaico. Esto demuestra que, en la ciencia, la descripción del sistema físico juega un papel fundamental para representar y explicar algún fenómeno.

El sistema físico es la abstracción de un hecho real que se define una vez que se mide o se observa. Por ejemplo, el análisis de una molécula revela que la estructura real de ésta es muy complicada: posee átomos que se distribuyen en el espacio y se unen de tal forma que resulta ser estable. Además, tiene una reactividad que depende de las condiciones a las que sea sometida (temperatura, presión, efectos del disolvente, efectos del cristal, etcétera). También vibra y rota, se asocia con otras moléculas a través de interacciones débiles... Es decir, la estructura real de la “simple” molécula X es muy compleja. Sin embargo, al estudiar un aspecto como “la naturaleza del enlace químico de X”, es necesario elegir sólo algunas de sus características u *observables*. Esta selección define al sistema bajo estudio. Desde el punto de vista físico, un *observable* es una cualidad real para la cual existe un procedimiento experimental, la medición, cuyo resultado puede expresarse mediante un número. De acuerdo con esto, un sistema físico puede definirse por un conjunto de observables, o dicho de otra forma, es imposible definir la realidad a menos que se describa el sistema físico que se investiga y el tipo de medición que se efectuó sobre dicho sistema.

Esto es asombroso, dado que nuestro intelecto ha sido educado para definir la existencia de una realidad externa, objetiva e innegable, sin importar cuánto se conoce de ella. Es difícil pensar que la realidad sólo llega a ser real hasta que se mide u observa (la interpretación de Copenhague); entretanto, la realidad no existe.

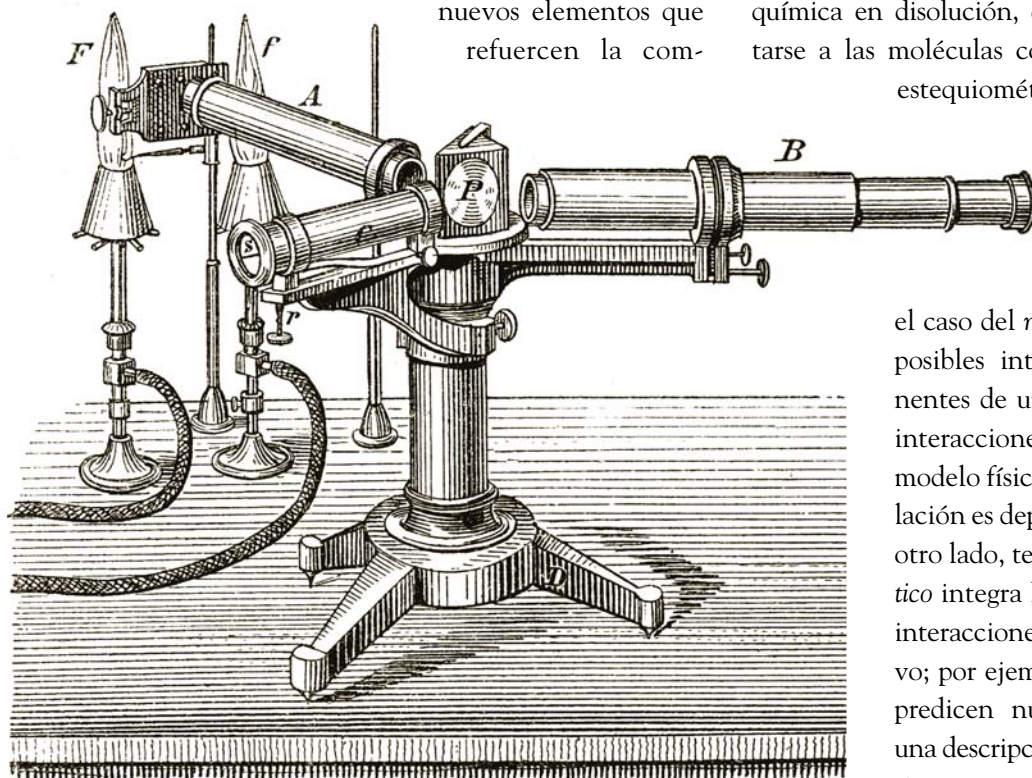
De aquí se desprende una pregunta inmediata: ¿cómo analizar un sistema físico cuya complejidad es intrínseca, pues todo en la naturaleza es complejo? Para responderla, nuestra opción es elegir una representación

simplificada de la realidad, es decir, un modelo. La palabra “modelo” deriva del latín *modus*, “modo o forma de presentarse”; de aquí, “modelo” es una forma aproximada y breve de presentación de algo. De acuerdo con esta definición, tenemos entonces que un modelo es un objeto o concepto y el conjunto de sus relaciones, utilizado para representar y estudiar de forma simple y comprensible un sistema físico.

El químico alemán Manfred Eigen enunció que una teoría tiene únicamente dos opciones: ser o no ser correcta, mientras que un modelo posee una tercera posibilidad: puede ser correcto, pero irrelevante. Aplicando esto, y combinando las ideas de Kuhn y Eigen, tenemos que un paradigma es un modelo correcto y excepcionalmente relevante; en otras palabras, un paradigma es un modelo a gran escala, pero no necesariamente un modelo es un paradigma.

Partiendo de nuestra definición de modelo, se puede deducir que la versión de la realidad plasmada en él solamente pretende representar y reproducir algunas propiedades del sistema físico, es decir, construir un objeto de menor complejidad. Por tanto, si un modelo es únicamente una representación de la realidad, entonces la integración de

nuevos elementos que refuercen la com-



prensión del sistema físico ocasiona su evolución. Un claro ejemplo de esto son las moléculas. Su definición taxonómica ha variado a lo largo de la historia. Iniciaron con un estatus de *modelo simbólico*, esto es, una representación del objeto mediante una codificación matemática: geométrica, estadística, etcétera; después adquirieron estatus de *modelo icónico*, esto es, una representación pictórica del objeto; finalmente, alcanzaron el estatus de *objetos realmente existentes*.

Para ilustrar esto, tomemos el caso específico de la química, ciencia que trabaja por definición con y sobre modelos. Esto implica que transformar la realidad en una representación (como lo es un modelo) no es nada trivial, pues es necesario conocer el sistema físico y, en este caso, conocer las moléculas. Para explicar esto, podemos recurrir a cuatro *arquetipos de modelo*, a saber:

- Modelos materiales.
- Modelos físicos.
- Modelos matemáticos.
- Modelos interpretativos.

Los *modelos materiales* establecen la composición material de un sistema físico, es decir, determinan la porción de materia en la cual un fenómeno es observable. Un ejemplo de *modelo material* es el estudio de una reacción química en disolución, donde el modelo puede limitarse a las moléculas correspondientes a la relación estequiométrica, asumiéndose que la inter-

racción entre ellas es suficiente para describir la reacción, y colocando en un plano secundario el efecto del disolvente. En

el caso del *modelo físico*, éste introduce las posibles interacciones entre los componentes de un modelo material, o bien las interacciones con el ambiente; además, el modelo físico comprueba si nuestra formulación es dependiente o no del tiempo. Por otro lado, tenemos que un *modelo matemático* integra la descripción completa de las interacciones físicas en un patrón predictivo; por ejemplo, los modelos matemáticos predicen numérica y cuantitativamente una descripción mecánico-cuántica. Por último, un *modelo interpretativo* colecta to-

dos los aspectos utilizados en la aplicación del modelo matemático al modelo material, a través de las reglas instituidas por el modelo físico.

Pero, como hemos indicado antes, la investigación científica, siendo una actividad compleja, no se reduce a la mera aplicación de modelos, independientemente de su robustez y solidez. Aunque por lo general la investigación científica requiere del uso de un modelo y de la revisión crítica de sus resultados: si no hay una explicación satisfactoria del fenómeno, es indispensable recurrir al uso de otro modelo e iniciar una nueva secuencia de pasos y etapas. Cabe aclarar que la elección del modelo se funda en la naturaleza del sistema físico, y muy en particular en la cuestión que uno desea resolver. De este modo, la delimitación del tipo de problema y el planteamiento de la cuestión apropiada son esenciales para la selección del modelo. No obstante, podemos establecer que hay ciertos requisitos o características que un modelo seleccionado tendría que cumplir: la simplicidad, la autoconsistencia, la estabilidad y la generalidad.

Simplicidad. La definición de un sistema físico es un asunto delicado, pues la inclusión de aspectos no esenciales provoca que el modelo sea confuso; además, los modelos no deben ser tan simples como para encubrir aspectos importantes sobre el sistema físico. Cualquier suposición *ad hoc* debe evitarse, pues la simplicidad del modelo supone su claridad: un buen modelo debe ser fácilmente descrito, entendido y aplicable.

Autoconsistencia. Un modelo no debe ser contradictorio; en particular, los modelos relacionados con los ámbitos físico y químico no deben contradecir los principios y supuestos normativos (ontológicos, epistémicos y metodológicos) básicos de la ciencia.

Estabilidad. Un modelo debe admitir la introducción de cambios, ajustes y complementos sin atentar contra o destruir su estructura interna. Esto sólo es posible si se utiliza un modelo simple como punto de partida para eventualmente construir modelos más complejos que permitan una mejor descripción del sistema físico; en otras palabras, el modelo debe ser robusto, estable.

Generalidad. Un modelo debe permitir la conexión entre diferentes sistemas físicos que no fueron considerados durante su construcción. Desde nuestro punto de vista, ésta es una característica esencial de los mo-

delos en la química, ya que operan sobre un sinnúmero de moléculas, la mayoría de las cuales no fueron consideradas en su etapa de construcción.

Estos requisitos son mínimos pero esenciales. El lector puede seleccionar cualquier modelo en uso y verificar si cumple cada una de las características expuestas.

Finalmente, el uso de modelos, teorías y métodos nos hace recordar las palabras del párrafo final de la “Posdata: 1969” de *La estructura de científicas revoluciones científicas* de Kuhn: “El conocimiento científico, como el idioma, es, intrínsecamente, la propiedad común de un grupo, o no es nada en absoluto. Para comprender esto necesitaremos conocer las características especiales de los grupos que lo crean y que se valen de él”. Y esto es aplicable para los modelos y teorías que, como hemos dicho, forman parte medular en la producción del conocimiento científico.

Glosario

Cientificidad: se refiere al carácter que, bajo diversos enfoques y criterios, una teoría debe cumplir para que sea considerada científica; por ejemplo, para un enfoque verificacionista, el criterio es la verificabilidad de la teoría; para uno falsacionista, el criterio es la falsación o falsabilidad, etcétera.



Verificabilidad: formulada en su origen por el empirismo lógico, esta propiedad se refiere a que la relevancia de las aserciones particulares de una teoría está determinada por enunciados de observación que, concluyentemente, describen las experiencias del observador frente a su objeto de estudio.

Fisicalista: se refiere al enfoque desarrollado principalmente, por el empirismo lógico, y que sostiene que toda teoría es un conjunto de enunciados observacionales donde se reduce todo fenómeno u objeto a ser descrito como “estado físico”, es decir, a una descripción detallada –en tiempo, espacio, propiedades y relaciones– del fenómeno.

Falsabilidad: característica que, de acuerdo con Karl Popper, toda teoría auténticamente científica debe poseer; se refiere a la afirmación de que ninguna teoría puede probar ser verdadera o probable, sólo debe permitir ser severamente contrastable para ser refutada, esto es, falsable.

Heurístico: se refiere a la capacidad de búsqueda y descubrimiento planteada por los elementos teóricos y metodológicos en la investigación científica.

Falsacionismo: enfoque desarrollado por Karl Popper dentro de la filosofía de la ciencia que consiste en someter a las teorías científicas a un duro proceso de contrastación con la finalidad de refutarlas. Para el falsacionismo, las teorías no pueden probar ser verdaderas ni probables, sólo falsables.

Interpretaciones científicistas y “progresistas”: interpretaciones del desarrollo de la ciencia tradicionalmente positivistas que conciben el avance de la racionalidad científica como lineal y continuo, con el cual se alcanzará el establecimiento del reinado de la ciencia frente a cualquier otro tipo de conocimiento.

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestra gratitud a Alberto Vela y Juvenio Robles por motivar la escritura de este artículo. Los comentarios del árbitro y de Sigfrido Escalante fueron relevantes para mejorar el escrito. Gabriel Merino agradece el financiamiento otorgado por la Dirección de Investigación y Posgrado (DINPO) de la Universidad de Guanajuato para el desarrollo de esta actividad.

Bibliografía

- Ayer, Alfred J. (1991), *El positivismo lógico*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Feyerabend, Paul K. (2000), *Tratado contra el método*, Madrid, Tecnos.
- Kuhn, Thomas S. (1986), *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, Imre (1983), *La metodología de los programas de investigación*, Madrid, Alianza.
- Popper, Karl R. (1994), *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos.
- Popper, Karl R. (1994), *Post scriptum a La lógica de la investigación científica (vol. III). Teoría cuántica y el cisma en la física*, Madrid, Tecnos.
- Tomasí, J. (1999), “Towards ‘chemical congruence’ of the models in theoretical chemistry”, *HYLE Inter. J. Philos. Chem.* vol. 5, pp. 79-115

Lucio M. Bribiesca Acevedo es doctor en filosofía de la ciencia por la UNAM; su especialidad es historia y filosofía de la ciencia del siglo XVII, en particular la filosofía experimental de Robert Boyle. Ha dictado conferencias y publicado trabajos sobre diversos aspectos de la filosofía boyleana y temas histórico-filosóficos de la ciencia. Actualmente se desempeña como académico en los programas de licenciatura y posgrado de las facultades de Química y de Filosofía y Letras de la Universidad de Guanajuato. lumbriac@quijote.ugto.mx

Gabriel Merino es doctor en química con especialidad en química teórica y computacional, tema en el que realiza investigaciones y ha publicado un número considerable de trabajos en revistas internacionales. En 2004 recibió el Premio Weizmann a la Mejor Tesis Doctoral en Ciencias Exactas. Actualmente se desempeña como profesor-investigador en la Facultad de Química de la Universidad de Guanajuato. gmerino@quijote.ugto.mx

