

# *UNIDAD 4*

LA CIENCIA

---

## 4.1 CONCEPCIÓN DE CIENCIA

La mayoría de las personas cuya escolaridad comprenda por lo menos los tres años de enseñanza media básica tienen ciertas ideas o, tal vez, imágenes asociadas con el vocablo "ciencia". Para esas personas, la ciencia es algo que practican los científicos y éstos seguramente son como sus maestros de química y de biología, los cuales, vestidos con bata blanca se pasan muchas horas en el laboratorio comparando líquidos, combinando sustancias, observando, midiendo y, por medio de estas operaciones, descubren, confirman o rechazan algunas suposiciones que se les ocurren.

Después de este breve acercamiento al taller de un científico, de inmediato viene la pregunta: ¿qué es la ciencia? La respuesta obvia, en este caso, sería la siguiente: "es el saber que adquiere el científico después de realizar las actividades anteriores, es decir, después de practicar una investigación".

### 4.1.1 DEFINICIONES

Si se trata de precisar el concepto de ciencia dando una definición rigurosa, surgen de inmediato las objeciones o dificultades. He aquí algunas definiciones.

La ciencia es un conocimiento racional y objetivo.

La ciencia es conocimiento de lo universal.

La ciencia es la explicación racional de la realidad.

La primera definición no es admisible, porque entonces quedarían fuera las matemáticas y la lógica. Los conocimientos de estas ciencias no son objetivos, en cuanto que no se refieren a objetos que existan extramentalmente. Cuando las matemáticas hablan de la raíz cuadrada de un número, tal cosa es sólo una construcción mental, porque en la realidad no existe ese número ni su raíz cuadrada.

La segunda definición nos habla de la ciencia como un conocimiento universal. Si a este enunciado lo tomamos en su sentido estricto, probablemente queden fuera algunas disciplinas, como la geografía y la psicología.

En la tercera definición se habla de la realidad como el campo de la ciencia, pero, ¿qué es la realidad? Si la entendemos como aquello que los humanos perciben, limitaríamos demasiado a la ciencia, tendríamos que desentendernos de lo no percibido y considerarlo como no existente.

Tomemos un trozo del trabajo científico y después reflexionemos sobre él.

De acuerdo con la Historia de la ciencia -presentada por Dampier Whitman- una de las circunstancias que impulsó más a Nicolás Copérnico para dudar de la teoría geocéntrica de Ptolomeo fue la lectura de los pensadores anteriores:

Según Cicerón, Nicetas había opinado que la Tierra se movía... Según Plutarco, ya otros habían sostenido la misma opinión... Esto me indujo a meditar sobre la posibilidad de ese movimiento... Al final de largas observaciones deduzco que si el movimiento de los ocho planetas se relacionase con el de la Tierra y se calcularan sus revoluciones como la de ésta, se vería que el fenómeno relativo a los otros planetas acompañaba conjuntamente el de la Tierra.

Ptolomeo (s. II) hizo descubrimientos celestes.

Copérnico, acicateado por lo anterior y no obstante sus múltiples responsabilidades como médico, ingeniero, sacerdote y asesor del gobierno polaco intensificó sus estudios astronómicos. Para tal efecto y por no disponer de telescopio, abrió unas hendiduras en el estudio que tenía instalado en la torre de la catedral a su cargo. Por la noche, a través de dichas hendiduras, observaba el paso y movimiento de los astros. Poco a poco describió mapas de esos movimientos y elaboró fórmulas matemáticas para explicarlos. Su trabajo duró 40 años, pero finalmente logró comprobar que no es la Tierra, sino el Sol, el centro de nuestro sistema planetario. Sus resultados se concretaron en varias proposiciones. De su obra Sobre las revoluciones (de los cuerpos celestes) tomamos algunas de ellas.

También la Tierra es esférica, puesto que por cualquier parte se apoya en su centro.

El océano que rodea la Tierra extiende sus mares por todas partes, llena sus abismos más profundos.

De todas las revoluciones la más conocida es la revolución diaria que los griegos llamaron "nyjtémeron", esto es, un espacio de tiempo de un día y una noche.

Del triple movimiento de la Tierra. El primero es el circuito del día y la noche que se dirige del ocaso al orto alrededor del eje terrestre. El segundo es el movimiento anual del centro, el cual describe el círculo de los signos alrededor del sol, de modo semejante al del ocaso al orto, esto es, del oeste al este, avanzando entre Venus y Marte con los cuerpos que lo acompañan. El tercer movimiento, el de declinación, también es una revolución anular, pero hacia el oeste.

#### 4.1.2 EL CAMPO DE LA CIENCIA

Los términos campo y objeto tendrán aquí significados diferentes. Al campo de la ciencia lo vamos a entender como el conjunto de los seres hacia los cuales el científico dirige o puede dirigir su atención. Con la frase objeto de la ciencia designaremos el aspecto o aspectos que en el campo anterior interesan a la ciencia.

Si a la ciencia la entendemos como "explicación racional de la realidad" es obvio que la realidad es el campo de la ciencia; pero, ¿qué es la realidad? Varias respuestas se ocurren de inmediato:

- La realidad es todo lo que existe.
- La realidad es todo lo que el hombre puede percibir.
- La realidad es todo lo que el hombre puede conocer.

En cada una de las tres respuestas subyacen dificultades muy serias. En contra de la primera podríamos objetar diciendo: la realidad es todo lo que existe, pero si a ese todo no lo percibimos ni de él tenemos noticia alguna, ¿cómo es posible que constituya el campo de la ciencia?

En contra de la segunda y la tercera, la objeción sería ésta: si reducimos la realidad a lo que podemos percibir o conocer, ipso facto eliminamos toda posibilidad de ampliar nuestra investigación.

La opinión que ofrece la mejor respuesta es la que precisa el campo de la ciencia en la forma siguiente:

El campo de la ciencia consiste en todos los hechos que se dan en la naturaleza y en la cultura. La primera comprende todos los objetos que existen o pueden existir independientemente

del hombre. A esos objetos los llamamos objetos naturales; pero cuidándonos de identificar naturales con materiales, porque hay objetos, como las emociones, que siendo naturales no son materiales en sentido estricto.

Al hablar de ciencia nos estaremos refiriendo, salvo aclaración especial, a las ciencias tácticas. Esto no quiere decir que eliminemos a las ciencias no tácticas, como la matemática, ya que ésta no necesita los seres naturales puesto que ella construye sus propios objetos.

El campo de la ciencia se puede dividir en el campo actual y el campo posible. El campo actual es todo aquello que, en determinado momento o etapa del desarrollo científico, es perceptible u observable y, además, inteligible.

La realidad perceptible está constituida por todo aquello que está al alcance de nuestros sentidos, esto es, de nuestro aparato neurosensorial; por ejemplo, para nuestro sentido de la vista únicamente serán perceptibles las radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda oscile entre 0.4 y 0.7 micrómetros, siendo un micrómetro igual a  $10^{-6}$  m.

Como parte principal del campo de la ciencia se encuentra la realidad observable. Ésta consta de todo aquello que se encuentra al alcance de nuestros sentidos, auxiliados o reforzados por los instrumentos que la ciencia y la técnica han puesto a nuestra disposición. El sentido de la vista, por ejemplo, auxiliado por el telescopio y por el microscopio, puede acceder a unas regiones de la naturaleza que antes se encontraban muy por encima de sus posibilidades.

Otra región del campo de la ciencia es la realidad inteligible. Así como el hombre ha construido instrumentos que auxilian y refuerzan la percepción sensorial, también ha elaborado elementos que auxilien al intelecto en su tarea cognoscitiva. Tales elementos son los conceptos y las teorías; cuando el intelecto dispone de ellos, puede entender determinada parte o determinados aspectos de la realidad. Esta parte o estos aspectos son la realidad inteligible. La ciencia, fuera de su campo, nada tiene que hacer.

Einstein decía que los matemáticos tenían su laboratorio en la cabeza.

### 4.1.3 OBJETO DE LA CIENCIA

El objeto de la ciencia, como ya se dijo, es el aspecto o aspectos que se encuentran en los seres de su campo y que llaman la atención de los científicos. Esos aspectos, generalmente, son unas relaciones o unas constantes.

Cuando el fenómeno se presenta, se debe a que el hombre percibió algo con la capacidad natural de sus sentidos o con dicha capacidad auxiliada por determinado instrumento. Acto seguido, el percipiente quiere explicarse la ocurrencia de tal fenómeno; pero entonces lo que busca ya no es perceptible por los sentidos, porque casi siempre se trata de una relación. En tal caso son perceptibles los seres entre los cuales se da la relación, pero no la relación misma.

Para ilustrar la afirmación anterior, recordemos el fenómeno de la dilatación de los metales. Cuando alguien, de manera seria, se preocupó por este hecho, lo primero que descubrió fue que la dilatación se debía al calor. Continuando después el estudio del fenómeno, se llegó a precisar la relación entre la cantidad de calor y la cantidad de dilatación. En este fenómeno son perceptibles sensorialmente el calor y la dilatación del metal, pero no la relación entre ellos.

El objeto de la ciencia es la búsqueda de relaciones y de constantes, y para ello admite previamente dos supuestos.

La realidad existe, de ello no hay duda.

La realidad es ordenada, es decir, en ella hay orden y, por lo mismo, cierta regularidad en el comportamiento. En la realidad hay cambios, pero también ellos se producen de acuerdo con cierto orden.

#### 4.1.4 QUÉ ES LA CIENCIA

La etimología de la palabra ciencia nos remite directamente al vocablo latino *scire*, pero como éste significa "saber", entonces ya estamos frente a otro verbo -también latino- que es *sapere*; éste tiene el sentido de "dar sabor" o "degustar".

Inicialmente las plantas eran las "sapienses", porque ellas daban el sabor; pero después el sujeto (el homo) también fue sapiens, especialmente el anciano que degustando los alimentos decidía los sabores que aprovechaban y los que perjudicaban a la tribu.

La propia etimología e historia de la palabra coinciden en que ciencia es, en su esencia misma, conocimiento; pero a esta nota se deben agregar otras dos: conceptualidad y sistematicidad. La definición 1 quedaría así: Ciencia es un conocimiento conceptual y sistemático.

Recordemos brevemente lo que es conceptual y sistemático. El término concepto, hablando llanamente, designa el significado preciso de una palabra: "planeta", para Copérnico, designaba a un astro errante, pero conceptualmente era un astro que se movía en una órbita alrededor del Sol.

Los conocimientos no científicos, como el empírico, el vulgar, etc., manejan vocablos, no por el contenido conceptual, sino por referirse a determinados objetos.

La ciencia es conocimiento sistemático. Esto alude al hecho de que dicho conocimiento consiste en una serie de conceptos relacionados entre sí, de tal manera que unos suponen o completan a los otros, formando un todo que podría llamarse un esquema conceptual.

En el caso de la teoría copernicana, encontramos muchos conceptos, tales como: órbita, revolución, planeta, orto, ocaso, movimiento circular, circuito anual, declinación, etc.; pero todos ellos están relacionados formando un sistema o esquema conceptual encaminado a explicar un complejísimo hecho de la naturaleza, a saber, los movimientos de los astros que conforman nuestro sistema planetario.

En consecuencia formulamos ahora la definición 2: Ciencia es un conocimiento conceptual y sistemático que pretende explicar un aspecto o hecho de la naturaleza.

Si nos fijamos en la aportación científica de Copérnico, de inmediato advertimos que su finalidad es descubrir las relaciones entre muchos movimientos, de manera que se explique una serie de situaciones como éstas: la aparición de Venus por la mañana y por la tarde, la apariencia de movimientos retrógrados, los movimientos equinocciales, la declinación terrestre, etcétera.

Lo anterior nos sirve para afirmar que: explicación racional de un hecho o fenómeno quiere decir descubrimiento de las relaciones que lo hacen posible.

Por último, conviene recordar que si la ciencia es conocimiento, éste se traduce en proposiciones que tienen características positivas y negativas.

Entre las características positivas de dichas proposiciones destacan tres que en cierta forma son una sola:

No deben considerarse como definitivas y completas.

En cuanto a la verdad, deben estimarse como aproximaciones; en consecuencia,

No deben expresarse en términos absolutos.

**Copérnico (1463-1543), astrónomo polaco, confirma los tres movimientos de la Tierra.**

Como características positivas, deben:

- Ser objetivas, es decir, basarse en la realidad.
- Deben ser tales que permitan manejar la realidad adecuadamente.

## FRAGMENTO CIENTÍFICO

También se manifiesta como poco convincente aquella argumentación de Ptolomeo, según la cual el Sol debería ocupar una posición media entre los (planetas) que se separan (elongación angular) en todos los sentidos y los que no se separan, puesto que la Luna al separarse ella misma en todos los sentidos, muestra su falsedad. ¿Pero, qué causa alegarán los que ponen bajo el Sol a Venus y después a Mercurio, o los separan en otro orden, puesto que no realizan circuitos separados y diferentes del Sol como las demás estrellas errantes, a no ser que la relación entre velocidad y lentitud no falsee el orden?

En consecuencia, será necesario o que la Tierra no sea el centro, al que se refiere el orden de los astros y de los orbes, o no habrá, no aparecerá, una razón segura de orden, por la que la posición superior es debida más a Saturno que a Júpiter o cualquier otro. Por ello, creo que no debe despreciarse en absoluto lo que opinó Martianus Capella, quien escribió una enciclopedia, y algunos otros latinos. Pues pensaron que Venus y Mercurio giran alrededor del Sol que está en el centro, y juzgan que por esta causa no se apartan de él más de lo que les permite la convexidad de sus orbes; por lo que no rodean a la Tierra, como los demás, sino que sus ápsides giran en otros sentidos. Pues, ¿qué otra cosa quieren decir, sino que el centro de aquellos orbes está alrededor del Sol? Así, la órbita de Venus, que es mayor en más del doble, y tendrá por esa misma amplitud un lugar suficiente para ella.

Si alguien, aprovechando esto como ocasión, relacionara también a Saturno, Júpiter y Marte con aquel mismo centro,, entendiendo su magnitud tan grande que puede contener lo que en ellos hay y rodear a la Tierra, no se equivocará. Esto lo demuestra la relación existente en la tabla de sus movimientos. Pues consta que están siempre más cerca de la Tierra alrededor de su salida vespertina, esto es, cuando están en oposición al Sol, mediando la Tierra entre ellos y el Sol; en cambio, más lejos de la Tierra en el ocaso vespertino, cuando se ocultan cerca del Sol, mientras tenemos al Sol entre ellos y la Tierra. Lo que indica suficientemente que su centro remite más al Sol y alrededor del cual realizan sus giros Venus y Mercurio.

(...) El orden de las esferas se sigue de esta manera, empezando por la más alta.

La primera y más alta de todas es la esfera de las estrellas fijas, que se contiene a sí misma y a todas las cosas, y por ello es inmóvil; es, pues, el lugar del universo, con respecto a la cual se relaciona el movimiento y la posición de todos los demás astros. Pues, si algunos consideran que ella también se mueve de algún modo, nosotros atribuiremos (ese movimiento), aunque así lo parezca, a otra causa, en la deducción del movimiento terrestre. Sigue Saturno, el primero de los astros errantes, que completa su circuito en XXX años. Después de éste Júpiter, que se mueve en

una revolución de doce años. Después Marte, que gira en dos años. En este orden, la revolución anual ocupa la cuarta posición, en dicha revolución dijimos que está contenida la Tierra junto con la órbita de la Luna como epiciclo. En quinto lugar está Venus, que vuelve al punto de partida en el noveno mes. Finalmente, el sexto lugar lo tiene Mercurio, que se mueve en un espacio de ochenta días.

Y en medio de todo permanece el Sol. Pues, ¿quién en este bellissimo templo pondría esta lámpara en otro lugar mejor, desde el que pudiera iluminar todo? Y no sin razón unos le llaman lámpara del mundo, otros mente, otros rector. Trimegisto le llamó dios visible, Sófocles, en Electra, el que todo lo ve. Así, en efecto, como sentado en un solio real, gobierna la familia de los astros que lo rodean. Tampoco la Tierra es privada en manera alguna de los servicios de la Luna, pero, como dice Aristóteles en *De Animalibus*, la Luna tiene con la Tierra un gran parentesco. A su vez la Tierra concibe del Sol y se embaraza en un parto anual.

En consecuencia, encontramos bajo esta ordenación una admirable simetría del mundo y un nexo seguro de armonía entre el movimiento y la longitud de las órbitas, como no puede encontrarse de otro modo.

Sobre las revoluciones (De los orbes celestes)  
Nicolás Copérnico

## 4.2 EPISTEMOLOGÍA DE LA CIENCIA (LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA)

La filosofía contemporánea, tanto de Europa como de Estados Unidos, se ha dedicado preferentemente a los temas epistemológicos, es decir, a reflexionar sobre el conocimiento; pero entendido éste como el ser mismo de la ciencia. En otras palabras, la epistemología del siglo xx, al fijarse como tarea la reflexión sobre el conocimiento científico para intentar una explicación del mismo, prácticamente se ha convertido en una filosofía de la ciencia.

De los muchos exponentes de dicha corriente hemos seleccionado a tres, que probablemente sean los más representativos: el francés Gastón Bachelard, el austriaco Karl Popper y el estadounidense Thomas Kuhn.

### 4.2.1 GASTÓN BACHELARD

Gastón Bachelard fijó de inmediato su posición en los siguientes términos.

El está convencido de que ni el empirismo de tradición baconiana ni el racionalismo idealista son capaces de explicar el trabajo real de la ciencia, puesto que toda observación debe ir acompañada de una concepción teórica.

La ciencia es, en su esencia misma, un conocimiento histórico y social, pues debe estar siempre abierto a los posibles cambios.

A continuación Bachelard aborda varios temas, como el de "la verdad y el error", "la razón en la ciencia", etc. Aquí centraremos nuestra atención únicamente en tres: filosofía de la ciencia, las rupturas y los obstáculos epistemológicos.

### 4.2.2 FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Bachelard dice que la filosofía de los filósofos siempre va retrasada respecto a los cambios que se producen en el saber científico. La razón es la siguiente: como el filósofo no está metido en la ciencia, y mucho menos en el cambio del momento, entonces tiene que esperar a que finalice determinada etapa para iniciar sus reflexiones. En tal situación, lo que el filósofo contempla es un pasado que ya no es vivo ni dinámico.

Hay dos filosofías, dice él: la de los filósofos y la científica. La primera es una filosofía integral que se caracteriza porque no es abierta, busca la unidad y siempre está aplicando principios rígidos. Tal es el caso del neopositivismo, el cual manejando un principio rígido a priori (el principio de la verificación) divide tajantemente la ciencia de la no ciencia.

La otra filosofía, la científica, es diferencial, y se caracteriza por ser abierta, aceptar el detalle y el cambio, y nunca se jacta de captar la esencia de la científicidad.

### 4.2.3 LAS RUPTURAS

El conocimiento científico -según Bachelard en su obra *La formación del espíritu científico*- se desarrolla por medio de rupturas, que él llama rupturas epistemológicas.

La primera se da entre el conocimiento vulgar y el científico. El primero tiene respuestas para todo, se podría decir que está formado por respuestas. El espíritu científico, en cambio, vive siempre agitado por problemas; para éste lo más importante es el sentido y la construcción del problema.

Las otras rupturas se dan en el seno mismo de la ciencia. Cualquier teoría nueva -diferente- es un rejuvenecimiento, pero es también contradicción de algo anterior. Estas contradicciones -dice el filósofo francés- son auténticas rupturas epistemológicas porque implican la negación de supuestas categorías centrales y métodos que estaban en vigor en la fase anterior. La teoría de la relatividad es una confirmación clara de ruptura epistemológica, puesto que puso a discusión los conceptos de espacio, tiempo y causalidad.

### 4.2.4 LOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Dice Bachelard que el problema del conocimiento hay que plantearlo en términos de obstáculos. No se trata de obstáculos externos, como sería la rapidez de un fenómeno. Él se refiere más bien a ciertas disfunciones que se dan en el interior del propio acto cognoscitivo. Un obstáculo epistemológico es una idea que bloquea otras ideas, es como la inercia que frena el desarrollo. He aquí algunos de los obstáculos epistemológicos.

La opinión es un obstáculo porque de ordinario no piensa y sólo descifra atendiendo a la utilidad.

**La falta de un sentido genuino de los problemas** es uno de los más fuertes obstáculos; se da cuando ya no se problematizan los conocimientos y, por pereza, se prefiere darlos por sentados.

**La experiencia primera.** Es frecuente que el investigador, después de realizar determinada experiencia, pretenda ponerla fuera de toda crítica y esto, naturalmente elimina la posibilidad de fundamentación.



Otros obstáculos son la inclinación a las generalizaciones y el recurso del **sustancialismo** para explicar los fenómenos.

### 4.2.5 KARL POPPER

El filósofo austriaco Karl Popper es uno de los grandes revolucionarios de la filosofía contemporánea, sobre todo en el terreno de la epistemología y filosofía de la ciencia. Prescindimos por ahora de varias de sus notables teorías -por ejemplo "la negación de la inducción"- para considerar las más relacionadas con la metódica de la investigación. Abordaremos aquí tres temas, según su obra *La lógica de la investigación científica*, el problema de la epistemología, el conocimiento de la realidad y la verosimilitud y probabilidad.



Karl Popper {1902} filósofo austriaco, revolucionario de la filosofía en el terreno de la epistemología.

### 4.2.6 EL PROBLEMA DE LA EPISTEMOLOGÍA

El problema epistemológico puede plantearse como algo que pertenece, por igual, al conocimiento vulgar y al conocimiento científico. "Es verdad -dice Popper-que el conocimiento vulgar también es conocimiento"; sin embargo, si tenemos en cuenta que el conocimiento científico es una ampliación del conocimiento vulgar, entonces los problemas de éste también se encontrarán muy ampliados en el terreno de aquél.

Una vez que se ha preferido el conocimiento científico como el mejor campo para el estudio del problema epistemológico, nos dice Popper que, en dicho problema, lo importante es el aspecto lógico y no el psicológico. Para la psicología tiene mucha importancia, por ejemplo, cómo se generan las ideas en el sujeto, pero a nosotros lo que debe interesarnos son las cuestiones de justificación y validez de los razonamientos que hágalos con base en esas ideas.

#### 4.2.7 EL CONOCIMIENTO DE LA REALIDAD

La postura popperiana al respecto toma como básicos los siguientes puntos:

- Se acepta la existencia de un mundo real material.
- Los conocimientos son intentos de los sujetos para descubrir el mundo real. A los objetos los representamos en nuestro conocimiento como objetos pensados y después esas representaciones son enunciados.
- Nunca podremos estar seguros de que nuestros conocimientos son completamente verdaderos, pero sí podremos darnos cuenta de que nuestro conocimiento de la realidad va aumentando.

Popper no está de acuerdo con la posición de que defienden la observación como previa siempre toda expectativa o hipótesis. Aun los animales -dice él- nacen dotados de ciertas expectativas. Siempre esperamos mediante teorías, aunque a veces no seamos conscientes de ello.

En relación con las teorías, Popper presenta una de sus aportaciones más novedosas: la falsación. En contra de los neopositivistas, afirma que el criterio de la posible falsación es más importante que el de la verificación. Lo que más interesa en una teoría es que es-; formulada de tal manera que sea falsable, es decir, que sea posible comprobar su falsedad, porque esto nos conduciría a la veracidad de la teoría rival o entraría.

#### 4.2.8 VEROSIMILITUD Y PROBABILIDAD

La verosimilitud y la probabilidad en las teorías están en razón inversa. Si una teoría es más verosímil que otra, será también más improbable que ella.

El objetivo de la ciencia es la obtención de teorías cada vez más verosímiles, es decir, más próximas a la verdad. Cuando la teoría está más próxima a la verdad quiere decir que tiene más contenido que ofrecer, más información; en consecuencia, en ella hay más oportunidades de equivocarse.

Para ilustrar lo anterior, Popper utiliza como ejemplo las siguientes afirmaciones:

1. El viernes lloverá.
2. El sábado hará buen tiempo.
3. El viernes lloverá y el sábado hará buen tiempo.

Es evidente que el contenido de c es más amplio que el de su componente a y el de su componente b; pero también es obvio que la probabilidad de que sea verdadero c es menor que la probabilidad de verdad de cada componente.

Popper concluye: "Si nuestro objetivo es el progreso o aumento del conocimiento no podemos proponernos el logro de una elevada probabilidad: estos dos objetivos son incompatibles."

#### 4.2.9 THOMAS KUHN

La historia de la filosofía actual ubica a Thomas S. Kuhn en el grupo de los epistemólogos pospopperianos que han desarrollado sus teorías en contacto estrecho con la historia de la ciencia. Otros miembros destacados de ese grupo son Imre Lákatos, Paúl K. Feyerabend y Larry Laudan.

**Según Thomas Kuhn la ciencia no se dirige hacia un fin preestablecido.**

El título que Thomas Kuhn puso a su obra -Estructura de las revoluciones científicas— es abiertamente indicativo tanto del contenido de la propia obra como de la posición del autor. Para los propósitos de este libro, basta mencionar tres temas del pensamiento de Kuhn: la ciencia, el paradigma y la revolución científica.

**La ciencia.** Según Kuhn, la ciencia no se da por acumulación de conocimientos; es una actividad histórico-social desarrollada por una comunidad de científicos.

En toda comunidad siempre existe algún elemento que aglutina a sus miembros. En el terreno religioso, el elemento aglutinante es el grupo de dogmas en los cuales cree esa comunidad; por eso a sus afiliados se les llama creyentes. La comunidad que conocemos como partido político reúne a sus miembros en torno a ciertas finalidades o valores específicos, por ejemplo: la mejoría económica, la seguridad social, el ejercicio de una democracia auténtica, el poder, etcétera.

En una comunidad científica, el elemento de cohesión tiene que ser algo que satisfaga el ideal de todo científico, esto es, la explicación de los fenómenos naturales o sociales.

En cierta forma el ideal del científico se satisface con lo que Kuhn llama ciencia normal, la cual se puede definir como aquella concepción aceptada por una comunidad científica dada. La ciencia normal significa una investigación fundamentada de manera estable sobre varias realizaciones científicas anteriores, a las cuales la comunidad reconoce como capaces de orientar su praxis posterior.

**Paradigma.** El meollo o núcleo de la ciencia normal es el paradigma. Éste es el marco teórico de dicha ciencia. El paradigma es el conjunto conceptual que comprende los supuestos básicos, los principios teóricos, las leyes del campo de la ciencia gobernada por el paradigma. Dentro de éste también quedan incluidos los métodos y las técnicas necesarias y suficientes para la aplicación de las leyes.

El paradigma es el régimen conceptual de la ciencia normal, de él se derivan los criterios y las normas que orientan y regulan la actividad científica del campo donde impera. Él es quien dice cómo debe interrogarse a la naturaleza.

El paradigma resulta tan esencial para la actividad científica que su existencia -dice Kuhn- distingue la ciencia de la no ciencia.

**Revolución científica.** En términos simples, revolución científica es el paso de un paradigma a otro; pero, naturalmente esto supone una etapa de problemas y agitación tan fuerte que bien puede compararse al estallido de las revoluciones políticas y sociales, en las cuales luchan a muerte dos grupos: el que está en el poder, para conservarlo, y el que no lo está, para obtenerlo.

De manera similar acontecen las cosas en el desarrollo científico. Llega un momento en que el paradigma vigente empieza a tener problemas porque no es suficiente para dar soluciones satisfactorias en determinadas situaciones. Se genera desconfianza en algunos científicos; pero en otros renace una adhesión fuerte al paradigma vigente. La crisis se evidencia cuando aparece otro

que sí ofrece soluciones para las situaciones problemáticas. La revolución llega al final, cuando el nuevo se impone.

Al inicio del nuevo régimen conviven los dos paradigmas. Varios científicos nunca abandonarán el paradigma que les sirvió de guía, aun cuando ya esté dominando la nueva ciencia con su respectivo paradigma.

### FRAGMENTO FILOSÓFICO

Cuando se investigan las condiciones psicológicas del progreso de la ciencia, se llega muy pronto a la convicción de que hay que plantear el problema del conocimiento científico en términos de obstáculos. No se trata de considerar los obstáculos externos, como la complejidad o la fugacidad de los fenómenos, ni de incriminar a la debilidad de los sentidos o del espíritu humano: es en el acto mismo de conocer, íntimamente, donde aparecen, por una especie de necesidad funcional, los entorpecimientos y las confusiones. Es ahí donde mostraremos causas de estancamiento y hasta de retroceso, es ahí donde discerniremos causas de inercia que llamaremos obstáculos epistemológicos. El conocimiento de lo real es una luz que siempre proyecta alguna sombra. Jamás es inmediata y plena. Las revelaciones de lo real son siempre recurrentes. Lo real no es jamás "lo que podría creerse", sino siempre lo que debiera haberse pensado. El pensamiento empírico es claro, inmediato, cuando ha sido bien montado el aparejo de las razones. Al volver sobre un pasado de errores, se encuentra la verdad en un verdadero estado de arrepentimiento intelectual. En efecto, se conoce en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o superando aquello que, en el espíritu mismo, obstaculiza a la espiritualización.

La ciencia, tanto en su principio como en su necesidad de coronamiento, se opone en absoluto a la opinión. Si en alguna cuestión particular debe legitimar la opinión, lo hace por razones distintas de las que la fundamentan; de manera que su opinión, de derecho, jamás tiene razón. La opinión piensa mal; no piensa; traduce necesidades en conocimientos. Al designar a los objetos por su utilidad, ella se prohíbe el conocerlos. Nada puede fundarse sobre la opinión: ante todo es necesario destruirla. Ella es el primer obstáculo a superar. Lo es suficiente, por ejemplo, rectificarla en casos particulares, manteniendo, como una especie de moral provisoria, un conocimiento vulgar provisoria. El espíritu científico no impide tener opinión sobre cuestiones que no comprendemos, sobre cuestiones que no sabemos formular claramente. Ante todo es necesario saber plantear los problemas. Y dígame lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se plantean por sí mismos. Es precisamente este sentido del problema el que indica el verdadero espíritu científico. Para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo. Nada está dado. Todo se construye.

Un conocimiento adquirido por un esfuerzo científico puede declinar. La pregunta abstracta y franca se desgasta; la respuesta concreta queda. Con eso, la actividad espiritual se invierte y se endurece. Un obstáculo epistemológico se incrusta en el conocimiento no formulado. Costumbres intelectuales que fueron útiles y sanas pueden, a la larga, trabar a investigación. "Nuestro espíritu -dice justamente Bergson- tiene una tendencia irresistible a considerar más claras las ideas que le son útiles más frecuentemente." La idea conquista así una claridad intrínseca abusiva. Con el uso, las ideas se valorizan indebidamente. Un valor en sí se opone a la circulación de los valores. Es un factor de inercia para el espíritu. A veces una idea dominante polariza al espíritu en su totalidad. Hace unos veinte años, un epistemólogo irreverente decía que

los grandes hombres son útiles a la ciencia en la primera mitad de su vida, nocivos en la segunda mitad. El instinto formativo es tan persistente en ciertos hombres de pensamiento que no debemos alarmarnos por esta *boutade*. Pero al final, el instinto formativo acaba por ceder frente al instinto conservativo. Llega un momento en el que el espíritu prefiere lo que confirma a su saber a lo que lo contradice, en el que prefiere las respuestas a las preguntas. Entonces el espíritu conservativo domina, y el crecimiento espiritual se detiene.

La formación del espíritu científico  
Gaston Bachelard

### 4.3 CLASIFICACIÓN DE LAS CIENCIAS

A lo largo de la historia, científicos y filósofos se han preocupado por construir algunas clasificaciones de las ciencias. Dichas clasificaciones tienen importancia filosófica porque denuncian la forma en que sus autores están viendo la realidad.

La primera clasificación formal fue hecha por Aristóteles. Él consideró que las ciencias se deben ordenar atendiendo a los tres fines primordiales de la actividad humana: conocer, obrar y producir. Habrá, por consiguiente, ciencias teóricas, ciencias prácticas y ciencias poéticas. El primer grupo comprende la metafísica, la matemática y la física. En el segundo grupo se encuentran la moral y la política. Por último, las ciencias poéticas son la poética, la retórica y la dialéctica.

Después de la clasificación aristotélica, la historia registra muchas otras, todas ellas diferentes debido a que los criterios empleados para su construcción han sido distintos. Bacon, por ejemplo, tomó como criterio la función del espíritu que predomina en cada ciencia. De acuerdo con este enfoque, habrá ciencias de la memoria, de la imaginación y de la razón.

#### 4.3.1 CLASIFICACIÓN ACTUAL

**Criterio.** La clasificación más generalizada en nuestros días emplea como criterio la independencia de los objetos. Hay objetos, como los metales, los nos, las revoluciones y los cambios políticos que existen independientemente del sujeto que los estudia; pero hay otros muy distintos, como los números y los razonamientos, que no tienen existencia extramental. Mario Bunge, en lugar de la expresión anterior, prefiere decir: "Hay ciencias de hechos y ciencias de ideas." Creo que hay coincidencia en estas dos posiciones porque los hechos son objetos extramentales, mientras que las ideas sólo existen al ser construidas mentalmente y pensadas por un sujeto.

De acuerdo con este criterio se distinguen dos clases de ciencias: las formales y las fácticas. Las primeras manejan ideas -o más bien, formas de ideas- sin representación alguna en la realidad. Un ejemplo de estas formas son los esquemas válidos de razonamiento. Tales esquemas, construcciones ideales, no proporcionan información acerca de la realidad. El grupo de las ciencias formales está compuesto por la lógica y las matemáticas.

Las ciencias fácticas sí ofrecen información acerca de la naturaleza porque se ocupan de objetos o hechos que existen extramentalmente. Entre estos objetos o hechos hay algunos que existen simplemente como productos de la naturaleza; pero hay otros cuya existencia se debe a la intervención del hombre. A los primeros objetos se les llama naturales; a los segundos, culturales.

Por esta razón, a las ciencias fácticas que estudian los objetos o fenómenos naturales se les llama ciencias factuales naturales y a las que estudian los fenómenos culturales se les llama ciencias factuales culturales.

El oxígeno y la gravedad son ejemplos de objetos naturales. Las revoluciones y las actividades electorales son fenómenos culturales. En síntesis:

- Las ciencias formales son la lógica y las matemáticas.
- Las ciencias factuales naturales son la física, la biología y todas las que se dedican a estudiar objetos o fenómenos naturales.
- Las ciencias factuales culturales son las que, como la sociología y la economía, se ocupan de los fenómenos culturales.

Diferencia en los enunciados. Toda ciencia consiste en una serie de enunciados relacionados sistemáticamente. Entre las ciencias formales y las ciencias fácticas hay una gran diferencia en cuanto a sus enunciados. Los enunciados de las primeras son analíticos y por esto su verdad es formal. Los enunciados de las segundas son sintéticos y, en consecuencia, su verdad es empírica. En los enunciados analíticos, la relación interna de sus elementos se puede conocer con toda certeza mediante el simple análisis de la razón. Un ejemplo de enunciado analítico puede ser el siguiente condicional complejo (que en realidad es un razonamiento):

Si  $x > y$   
y  $z$  es una cantidad positiva  
Entonces  $(x + z) > (y + z)$

Desde luego, este complejo enunciado es de carácter formal porque sólo está indicando una relación formal, ya que ninguno de sus elementos sustantivos tiene contenido; ellos son lugares vacíos que se pueden llenar con cualquier número.

Este enunciado, por ser formal, es analítico. Basta que lo observemos con atención para darnos cuenta de que él no es más que la aplicación de aquel teorema general que dice:

*Si en una desigualdad agregamos la misma cantidad positiva a sus dos miembros, la desigualdad conservará el mismo sentido.*

Por último, si el enunciado es formal y analítico, su verdad tiene que ser formal. Esto quiere decir que para convalidarlo no necesitamos recurrir a la experiencia. La verdad o falsedad de un enunciado formal solamente depende de que su forma esté bien o mal construida. Veamos ahora los enunciados sintéticos. Éstos se caracterizan porque la relación del predicado con el sujeto no se puede descubrir mediante el simple análisis racional. Como ejemplo recordemos este enunciado:

*Los metales son sólidos, excepto el mercurio.*

Quien se atrevió a afirmar lo anterior por primera vez, tuvo que asegurarse, con hechos, de que realmente había un metal que no era sólido.

Lo anterior nos lleva a concluir que la verdad de los enunciados sintéticos no es formal sino empírica, puesto que para tener certeza de que ellos son verdaderos necesitamos encontrar hechos que los verifiquen.

## FRAGMENTO FILOSÓFICO

El siguiente fragmento es de Mario Bunge y se refiere a la diferencia entre ciencias formales y ciencias fácticas.

La diferencia primera y más notable entre las varias ciencias es la que se presenta entre ciencias formales y ciencias fácticas, o sea, entre las que estudian ideas y las que estudian hechos. La lógica y la matemática son ciencias formales: no se refieren a nada que se encuentre en la realidad y, por tanto, no pueden utilizar nuestros contactos con la realidad para convalidar sus fórmulas. La física y la psicología se encuentran en cambio entre las ciencias factuales: se refieren a hechos que se supone ocurren en el mundo, y, consiguientemente, tienen que apelar a la experiencia para contrastar sus fórmulas.

Así, la fórmula "x es azul", o, para abreviar, " $A(x)$ ", es verdadera de ciertas cosas, o sea, se convierte en una determinada proposición verdadera si se da como valor a la variable x el nombre de algo que efectivamente sea azul, como el Mar Egeo; y es falsa de muchas otras cosas, o sea, se convierte en una proposición falsa para la mayoría de otros valores asignables a la variable de objeto x. Por otro lado, "x es azul y x no es azul", o " $A(c) \& \neg A(x)$ ", para abreviar, es falsa para todo valor de x, es decir, en toda circunstancia. Por tanto, su negación, "No ocurre que x es azul y x no es azul", es verdadera, y su verdad es independiente de los hechos; en particular, no depende de la experiencia (la región táctica de la que participa el hombre). Dicho brevemente: " $A(\wedge)$ " es el esqueleto o forma de una idea factual (si mantenemos la interpretación del predicado "A" como predicado que designa la propiedad de ser azul). Por otro lado, " $\neg[A(c) \& \neg A(c)]$ " (léase: "No ocurre que x es A y x no es A") es la estructura de una idea formal, una verdad lógica en este caso: su valor veritativo no depende de los valores particulares que pueda tomara; aún más: es independiente de la interpretación que podamos dar al signo "A".

La lógica se interesa, entre otras cosas, por la estructura de las ideas factuales y formales; pero mientras que en el primer caso la lógica es insuficiente para hallar valores veritativos, en el último caso la lógica y/o la matemática se bastan para convalidar o invalidar cualquier idea de este tipo puro. En resolución: la ciencia formal es autosuficiente por lo que hace al contenido y al método de prueba, mientras que la ciencia factual depende del hecho por lo que hace al contenido o significación, y del hecho experiencial para la convalidación. Esto explica por qué puede conseguirse verdad formal completa, mientras que la verdad factual resulta tan huidiza.

Puede decirse que el tema propio de la ciencia formal es la forma de las ideas. Otra caracterización equivalente de la ciencia formal consiste en decir que se refiere a las fórmulas analíticas, esto es, a fórmulas que pueden convalidarse por medio del mero análisis racional. Considérese, por ejemplo, el enunciado según el cual, si A y B son conjuntos, entonces, si A está incluido propiamente en B, B no está incluido en A. La verdad de este enunciado no depende del tipo de conjunto considerado, ni se establece mediante el estudio de conjuntos de objetos reales: la fórmula pertenece a la teoría de conjuntos abstractos (no descritos): es puramente formal y, consiguientemente, universal, esto es, aplicable siempre que se trate de conjuntos, tipos, especies, ya sean de números o de plantas. Hay diversos géneros de fórmulas analíticas. Para nuestro actual interés las más importantes son las que resultan verdaderas (o falsas) a causa de las significaciones de los símbolos presentes en ellas. El primer conjunto - el de la analiticidad sintáctica- puede ejemplificarse por: "Si x, y, z son números, entonces si  $x=y$ ,  $x+z=y+z$ ". El segundo -analiticidad semántica- puede ejemplificarse por la frase: "Fórmulas sintéticas son todas y sólo las fórmulas que no son analíticas". La ciencia formal no contiene más que fórmulas analíticas, mientras que la ciencia factual contiene, además de esas, fórmulas sintéticas, o sea, fórmulas que no pueden ser convalidadas sólo por la nuda razón.

La investigación científica  
Mario Bunge