UNIDAD 6

EL NIVEL EMPÍRICO Y EL NIVEL RACIONAL DEL MÉTODO CIENTÍFICO

6.1 El Método como Instrumento ce la Investigación Científica

Una vez que hemos estudiado las características fundamentales del pensamiento científico, veamos ahora en qué consiste el método científico, tema central de este libro.

Para empezar, podemos dar la definición nominal de método. "Método", por su raíz etimológica, quiere decir "a través de un camino". Un método, en general, es el camino o procedimiento viable para conseguir un fin propuesto. Por tanto, el método científico sería, pues, el procedimiento adecuado para lograr los fines que ya hemos estudiado como propios de este tipo de pensamiento. Gracias a un buen método, el científico logra, con mayor seguridad, el control de variables, la producción tecnológica, la explicación de la realidad y la satisfacción intelectual.

En todo método se pueden exigir, por lo menos, dos cualidades: la eficacia y la eficiencia. La eficacia consiste en la seguridad para obtener el fin deseado. La eficiencia consiste en la adecuación y la proporción de los medios empleados para conseguir el fin propuesto. Puede suceder, pues, que un método no sea eficaz, cuando, por ejemplo, los resultados obtenidos no son los que se habían pretendido. Este método exige una corrección de base. Pero puede darse el caso de un método, gracias al cual se obtiene el fin deseado, aunque con un cierto inconveniente, que puede ser, por ejemplo, el excesivo costo de los medios empleados, la duración prolongada o el procedimiento inhumano. En cualquiera de estos casos se dice que el método es eficaz, pero ineficiente. La eficacia se refiere, pues, a la consecución del fin, y la eficiencia a la adecuación de los medios.

De lo anterior se desprende la importancia del método en la ciencia. Gracias a él es posible obtener las finalidades del pensamiento científico con mayor seguridad y presteza. Sin embargo, el método no es un fin en sí mismo, es decir, no habría por qué esclavizarse a ese conjunto de reglas, sugerencias y pistas que constituyen un método determinado. Por tanto, habría que considerar al método como un instrumento o medio que, por supuesto, tiene su importancia, pero también sus limitaciones.

La principal limitación de un método consiste en su expresión conceptual, lo cual le da al mismo tiempo un carácter general (y, por tanto, útil en diversos casos), pero por otro lado, le otorga un carácter abstracto, un tanto alejado de las características singulares propias de cada disciplina. De hecho, cada caso de investigación científica requiere ciertas peculiaridades propias y diferentes a las de otras ciencias. Nos encontramos de nuevo frente a la paradoja propia de un paradigma. Un modelo es aplicable a varios casos, pero las diferencias en cada uno de ellos no quedan reflejadas en el paradigma universal, lo cual puede llegar a ser una carencia, y por tanto, una seria limitación.

De lo anterior se desprende la necesidad de plantear una serie de reglas metodológicas generales, aplicables en cualquier caso, y enseguida complementar el modelo universal con las concreciones propias de cada una de las principales disciplinas en donde se aplica ese método.

De hecho, solamente una práctica concreta es lo que posibilita un aprendizaje significativo de la metodología científica. Por tanto, desde el punto de vista pedagógico, es bueno hacer notar la ineficacia de una simple memorización de recetas y de principios. Todas estas reglas y pistas metodológicas deben ser, no solamente memorizadas y comprendidas sino aplicadas en la práctica en forma de laboratorio, donde efectivamente se manejen los objetos científicos y los fenómenos propios de esa disciplina. De otra manera, el estudiante permanecería en el simple nivel de la información y de la memorización, sin la efectividad propia de un aprendizaje significativo.

6.2 El aspecto Empírico del Método Científico

El método científico es, pues, el camino o procedimiento por medio del cual se obtienen, con mayor eficacia y eficiencia, los fines del pensamiento científico. Antes de explicar las etapas propias de este método, conviene analizar dos aspectos o niveles que, necesariamente, tiene que incluir el proceso de investigación.

El primero es el aspecto empírico, que se refiere al uso de los sentidos, tanto en la observación de los fenómenos como en la experimentación o manipulación física de ellos. El segundo aspecto o nivel es el racional, que se refiere al uso de la razón, tanto para la elaboración de hipótesis, como para la expresión conceptual y abstracta de los resultados y la inferencia de conclusiones. Expliquemos el primer aspecto.

"Empírico", según su raíz etimológica, significa lo referente a la experiencia. Por tanto, es empírico el uso de los sentidos, la observación y registro de datos, la realización de experimentos, el manejo físico de los objetos y los fenómenos que se están estudiando. Se trata de un nivel en donde los sentidos y el aspecto físico de las cosas están en el primer plano de la atención. No necesariamente se opone, pero sí es diferente, al aspecto racional o intelectual, que después explicaremos.

Debemos distinguir, desde el principio, la diferencia entre lo empírico y el empirismo. Este último término se utiliza para designar una corriente filosófica, principalmente cultivada entre los ingleses (Locke, Berkeley, Hume), que propone al conocimiento sensible como única fuente y criterio de verdad. Lo racional, o se reduce a lo sensible, o no tiene validez.

Se trata, pues, de una exageración que subraya demasiado la importancia del conocimiento sensible. La postura equilibrada es aquella que reconoce ambos tipos de conocimiento, los sabe deslindar y acepta el valor propio de cada uno de ellos, sin exagerar alguno a expensas del otro. En consecuencia, es factible aceptar la importancia de lo empírico sin necesidad de caer en el empirismo..

La importancia de lo empírico en el método científico se puede captar principalmente por las siguientes razones:

- Gracias al conocimiento sensible nos ponemos en contacto con los fenómenos que acontecen en el mundo. De no ser por este contacto, que en ocasiones produce admiración y curiosidad, no habría problema científico.
- La observación sensible nos proporciona pistas para formular hipótesis.
- La experimentación física puede conducimos a la verificación de las hipótesis previamente formuladas.

Tal como se ha dicho en varias ocasiones, el aspecto empírico del método científico se realiza en dos etapas diferentes: la observación y la comprobación de tipo experimental. Además, existen otras etapas de nivel racional, que se intercalan entre las dos anteriores, y son: la formulación de interrogantes y la formulación de hipótesis. Posteriormente, podemos considerar otra etapa racional, como es la formulación de teorías axiomatizadas. De esta manera, podemos delinear un esquema sencillo de investigación que contiene cinco etapas. (Es posible agregar otras etapas en investigaciones más completas y refinadas). Las cinco etapas fundamentales en la investigación científica, aplicables básicamente en las ciencias naturales son, pues:

Observación de un fenómeno.
Formulación de un problema.
Formulación de una hipótesis que lo explique.
Fundamentación o comprobación (experimental o racional) de esa hipótesis.
Elaboración de una ley, un principio, una definición o una teoría.

Por ejemplo, una persona capta un fenómeno X que se repite en determinadas circunstancias. Enseguida, se pregunta acerca de las causas de ese fenómeno. En tercer lugar, responde provisionalmente a esa pregunta, con lo cual resulta una hipótesis. En cuarto lugar, realiza algunas operaciones con el objeto de comprobar sus hipótesis. Y, en algunos casos, esa hipótesis, ya comprobada, ingresa a un cuerpo de teoría, debidamente concatenada; ésta sería la quinta etapa.

6.3 El aspecto Racional del Método Científico

Además del nivel sensible, el método científico requiere un aspecto racional, o intelectual, que explicaremos enseguida.

a) La elaboración de una hipótesis es un pensamiento de tipo racional (mejor diríamos intelectual). En efecto, una hipótesis es la expresión provisional de una relación entre dos fenómenos, de tal manera que, en algunos casos, el primero explica o da la razón del segundo. Esta relación o explicación se expresa en forma provisional, y requiere una verificación, que es un punto básico del método científico, tal como estudiaremos posteriormente.

Por lo pronto, lo que nos interesa es que la formulación de la hipótesis no podría realizarse con base exclusiva en el conocimiento empírico, sino que requiere una actividad superior, como es la del entendimiento o razón. En efecto, la hipótesis es una relación universal, y el conocimiento sensible ni capta relaciones ni capta elementos o características universales. El conocimiento sensible se refiere exclusivamente a datos singulares, como el color, el tamaño, la figura. Produce imágenes concretas. El significado de esas imágenes, y las relaciones entre esas imágenes se captan por medio del conocimiento intelectual. El dato sensible proporciona las pistas para llegar al conocimiento intelectual o racional, pero no debe confundirse el dato singular, ni su yuxtaposición, con la unidad producida en el concepto, ni mucho menos con las derivaciones producidas en el raciocinio.

La hipótesis suele surgir en forma intempestiva en la mente del científico, como una ocurrencia o iluminación que capta, en los fenómenos observados empíricamente, ciertas relaciones inicialmente ocultas a la búsqueda del investigador.

Estas relaciones, invisibles a los sentidos, pero perceptibles a la inteligencia del científico, son los objetos directos de la inteligencia humana. De aquí se infiere la necesidad del conocimiento empírico, pues las relaciones captadas pertenecen a los fenómenos experimentados. Pero también se infiere la necesidad de la inteligencia, pues gracias a ella queda explicitado y sacado a la luz

el cúmulo de relaciones que de hecho se dan en la naturaleza, pero que permanecen ocultas en un simple nivel empírico.

b) La inducción es una operación empleada en el método científico, también tiene un carácter netamente racional. En efecto, la inducción consiste en formular un concepto o una ley universal en función de los casos singulares que se han observado. Es la misma hipótesis, pero ya comprobada y afinada por sucesivas observaciones y experimentaciones.

El resultado de la inducción se expresa como un caso universal, pero en forma singular. Esto, que puede parecer paradójico, es precisamente el efecto del conocimiento intelectual, como enseguida explicaremos. La ley obtenida por una inducción no dice, por ejemplo: "todos los gases se expanden con el calor", sino que afirma en singular: "El gas se dilata con el calor". Significa esto que la esencia o paradigma universal conocido como "gas" implica una propiedad allí indicada. Por tanto, el modelo está rigiendo en forma universal a todos los casos de gases expuestos al calor, pero su expresión es singular, pues precisamente se trata de expresar un modelo y sus propiedades. Esto explica, en parte, el hecho de las posibles excepciones. El modelo no es la realidad, y no se le puede pedir que abarque absolutamente a toda la realidad. Se tiende a la captación de modelos cada vez más perfectos y universales, pero esto no es todavía una realidad. El proceso racional trabaja, pues, con modelos en singular, pero aplicables en forma general. La observación y la experimentación se encargan de que estos modelos no estén en el aire, fuera de todo contacto con lo real. Pero la producción del paradigma es un proceso racional. Posteriormente, daremos una explicación más amplia acerca de este proceso inductivo.

c) La deducción es otra operación racional, requerida en el método científico. Consiste en inferir soluciones o características concretas a partir de leyes o definiciones universales. El caso más estudiado ha sido el silogismo, como puede consultarse en cualquier manual de Lógica. Otro caso muy común en el campo científico es la utilización de una fórmula general para resolver un problema concreto. Por ejemplo: se resuelve una ecuación cuadrática, utilizando la fórmula general de este tipo de ecuaciones que, para el efecto, se estudia en Álgebra. De la misma manera, es posible obtener conclusiones prácticas referentes al comportamiento de alguna sustancia, en función de un principio o ley general que allí se aplica. Por ejemplo: si conozco y aplico el principio del reforzamiento de la conducta, puedo inferir, e inclusive predecir, el tipo de conducta de la persona que recibe este reforzamiento.

La deducción es el proceso inverso a la inducción y, como ella, requiere el uso de la razón, que parte de ciertos elementos conocidos, y obtiene conclusiones nuevas. La inducción y la deducción son las dos vertientes principales de la operación mental, conocida en Lógica como raciocinio.

d) La analogía también se utiliza en el método científico, y consiste en inferir relaciones o consecuencias semejantes en fenómenos parecidos. Por ejemplo, conozco un fenómeno A y su consecuencia B, por otro lado, estudio un fenómeno X cuya semejanza con A es evidente. A partir de esto, propongo una consecuencia Y semejante o análoga a la

consecuencia B. De esta manera, por analogía, se pueden inferir consecuencias semejantes en épocas históricas parecidas, y, también, se pueden presumir un comportamiento determinado en una persona por la semejanza que presenta con otra ya conocida.

El razonamiento por analogía produce conclusiones válidas. Sin embargo, la validez de ellas está sujeta a varias condiciones. Entre estas condiciones, mencionaremos dos importantes:

Primera: Los comportamientos análogos se realizan cuando no se dan variables extrañas, que encauzarían al fenómeno en sentido diferente. La operación de eliminación de variables extrañas no siempre es fácil ni posible.

Segunda: La semejanza entre los dos fenómenos debe ser real, no sólo en apariencia. La analogía entre los dos fenómenos debe abarcar no sólo aspectos superficiales, sino de fondo. Un análisis minucioso podría verificar si acaso el parecido entre los dos fenómenos es real y no sólo en apariencia.

6.4 Apéndice: El Conocimiento Sensible y la Ciencia

6.4.1. Las Imágenes obtenidas por los Sentidos

El primer tipo de pensamiento que nos interesa, desde el punto de vista de la ciencia, es la imagen que se obtiene en el funcionamiento de los sentidos, tales como la vista, el oído y el tacto. Nuestro contacto con el mundo que nos rodea es capaz de proporcionarnos una serie de imágenes que luego pueden ser reproducidas y combinadas a voluntad gracias a la memoria y la fantasía, Nuestro conocimiento empieza a partir de este contacto sensible con los objetos y las personas.

No es éste, el lugar para esclarecer cuál es el mecanismo por el que nuestros sentidos, nervios y cerebro llegan a producir esas imágenes acerca de la realidad. A este respecto pueden consultarse los manuales relativos a Fisiología y Psicología que los explican. Lo que nos interesa señalar es que las imágenes son construcciones mentales que de ninguna manera reproducen o representan al modo de una fotografía lo que hay en el mundo exterior. Solamente la creencia popular, que no está al tanto de los procesos fisiológicos cerebrales, es capaz de defender en la actualidad, que nuestras imágenes son una copia o reflejo de la realidad. La imagen es una construcción mental referente, por supuesto, al dato recibido en los sentidos del hombre, pero no es una copia o representación del mundo externo.

A partir de estas imágenes, el hombre común y corriente, y con mayor razón el científico, obtiene otra serie de pensamientos (tales como las ideas y los conceptos, que luego explicaremos). Nuestro estudio se enfocará principalmente hacia la idea, el concepto, el juicio y el raciocinio: sin embargo, es importante reconocer desde ahora el papel originante que tienen los sentidos en la construcción de nuestros pensamientos.

6.4.2. Importancia del Conocimiento Sensible en la Ciencia

Aun cuando el conocimiento intelectual es superior al conocimiento sensible, y es el que le da a la ciencia su característica de universalidad, de todas maneras, existen algunos aspectos que le dan a este último una cierta calidad e importancia dentro del terreno científico, tal como veremos a continuación:

a) En primer lugar, las observaciones que realiza todo científico sobre su área específica, utilizan el conocimiento sensible como instrumento indispensable en sus investigaciones y acopio de datos. Las ciencias avanzan gracias a la admiración del científico cuando observa algún fenómeno que primeramente lo impacta en el terreno sensible, físico, manejable. Posteriormente, la inteligencia del científico se plantea hipótesis, explicaciones y relaciones del fenómeno observado, pero por lo pronto el dato o materia prima de su estudio es percibido como algo concreto, singular, con color, tamaño, figura, peso, etc. De no ser por este tipo de captación sensible como punto de partida, las ciencias de la naturaleza serían absolutamente imposibles.

b) Además, el conocimiento sensible es el instrumento para manejar, medir y alterar cuantitativamente las cosas que caen bajo el área científica estudiada. A la ciencia le interesa medir el cambio de los fenómenos estudiados. Mide, por ejemplo, el cambio de temperatura, de volumen y de presión en los gases, y obtiene una ley (en este caso la ley de Gay-Lussac) que relaciona las tres cantidades o variables. Sin el conocimiento sensible, esta medición sería imposible.

c) Por otro lado, el conocimiento sensible ordinariamente es la base a partir de la cual se obtiene una serie de conocimientos intelectuales, como son los conceptos, los juicios y los raciocinios. Este es el sentido de un famoso principio aristotélico-tomista: "Nada hay en la inteligencia que no haya estado primero en los sentidos". Nihil est in intellectu quod prius non fuerit in sensu. Con base en una serie de observaciones acerca de un fenómeno sensible, al científico suele ocurrírsele una hipótesis (conocimiento intelectual) que explica dicho fenómeno.

d) Muchos inventos han sido el resultado de la fantasía de algún científico. La fantasía es una facultad que combina imágenes. Si bien es cierto que la fantasía puede producir imágenes totalmente fuera de la realidad, también es cierto que, gracias a ella, lo que en un principio pudo haber parecido utópico, dio origen a inventos inimaginables por la mayoría de la gente, tales como el avión, la televisión, el radar, etc.

e) La imagen y todo dato sensible en general, es la materia prima con la que trabaja el artista. La obra de arte es una síntesis o unidad armoniosa de elementos sensibles. En la producción de obras cinematográficas, por ejemplo, tanto el técnico (o científico, en algún caso) como el artista dejan ver la huella del conocimiento sensible combinado en formas originales. Esto significa que, en general, el conocimiento sensible, base del trabajo de un artista, puede ser también un auxiliar para el trabajo de un científico, con quien puede conjuntar sus esfuerzos.

f) Por último, en la enseñanza de la ciencia es indispensable el conocimiento sensible, pues sin él es imposible la transmisión de conceptos, principios y argumentaciones. El único modo posible para transmitir conocimientos es a base de signos, los cuales son objetos sensibles en su mayoría.

Por lo menos, estos seis aspectos del conocimiento sensible nos hablan acerca de la importancia, la utilidad y el valor que tiene este primer nivel de conocimientos. También, se le ha llamado "nivel empírico". Por todo lo anterior, podemos concluir que este nivel empírico jamás

puede despreciarse en el ámbito científico, a pesar de su inferioridad con respecto al conocimiento intelectual. Lo empírico es la base sobre la cual se construye la ciencia.

6.4.3. Contraste del Conocimiento Sensible y el Conocimiento Intelectual

Veamos los dos grandes tipos de conocimiento que el ser humano es capaz de realizar. Al primero lo llamaremos conocimiento sensible, y al segundo, conocimiento intelectual.

El científico realiza los dos tipos de conocimiento. Cuando observa las estrellas en su telescopio, o encuentra un archivo olvidado acerca de los hechos históricos que investiga, o tiñe de color morado la sangre que está examinando en el microscopio o mide el tiempo empleado por un objeto en su caída libre, está obteniendo una serie de datos concretos, visibles, que luego puede reproducir en su imaginación, inclusive con color, tamaño y figura. Estos son ejemplos típicos de conocimientos sensibles.

Pero, además de esos conocimientos sensibles, el científico también realiza, y en forma predominante, conocimientos intelectuales, como en los siguientes casos:

1) Define el significado exacto de lo que entiende con determinado término, por ejemplo: "velocidad es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo".
2) Enuncia los axiomas o principios básicos de su propia ciencia, por ejemplo: **Si a cantidades iguales se suman cantidades iguales, los resultados son iguales".
3) Infiere nuevos conocimientos a partir de los ya obtenidos, como cuando resuelve una ecuación y despeja el valor de la incógnita.
4) Plantea hipótesis explicativas de los hechos que estudia. Estas hipótesis pueden tener la siguiente estructura: "Si se altera la variable A, también cambia proporcionalmente la variable B".

Como puede notarse, el conocimiento intelectual es mucho más complejo que el conocimiento sensible. Este libro estudiará diferentes tipos de conocimiento intelectual. En los ejemplos anteriores hemos propuesto algunos casos especiales que se denominan, respectivamente: definición, axioma, deducción, hipótesis.

Por ahora, conviene señalar claramente las diferencias entre los conocimientos sensibles y los intelectuales, e insistir en las características y la utilidad de los primeros.

Con los ejemplos anteriores, tenemos una base para obtener en limpio las características del conocimiento sensible y las diferencias con el conocimiento intelectual:

a) El sujeto obtiene los conocimientos sensibles por medio de sus sentidos, principalmente por la vista y el oído, aun cuando el tacto, el olfato y el gusto también proporcionan datos sensibles aprovechables en la ciencia. Las observaciones de los científicos, para estudiar a fondo el comportamiento de la naturaleza, implican el uso de los sentidos que, en ocasiones, son auxiliados por instrumentos especiales, como el telescopio, el microscopio, etc.
b) En cuanto al objeto captado, el conocimiento sensible se enfoca hacia los datos físicos, como el color, el tamaño, la figura, el peso. Todos estos elementos son la base de las descripciones científicas, acerca de los objetos que trata.

c) La representación obtenida generalmente se llama imagen. Sobre todo, en el caso de los conocimientos obtenidos por la vista, queda claro que el resultado es una imagen. Esta puede ser reproducida a voluntad, por medio de la memoria. Gracias a la fantasía, una persona puede combinar sus imágenes y obtener otras nuevas y originales del todo.

d) La operación cognoscitiva es estudiada con detalle tanto por la Fisiología como por la Psicología, Aquí sólo diremos que, en resumen, se trata de la captación o la percepción de un objeto por medio de uno o varios sentidos.

En la imagen, podemos señalar la característica más típica del conocimiento sensible, como es la singularidad. Nótese que toda imagen es singular, esto es, expresa o representa rasgos que en su conjunto pertenecen a un objeto y sólo a ése. En la medida en que un objeto es singular y no se asemeja a otro, la imagen o serie de imágenes que ofrece también lo es.

Aquí tenemos la principal diferencia con respecto al conocimiento intelectual que es universal, o sea, expresa o representa no a un solo objeto, sino a la serie de objetos que poseen las características captadas. No es lo mismo tener la imagen de mi padre, que poseer el concepto de padre; no es lo mismo imaginarse el reloj de arena del jardín, que pensar en el concepto de reloj, aplicable a todos los relojes.

Posteriormente, se explicará con mayor detalle esta cualidad del conocimiento intelectual. Por ahora, puede notarse que, gracias a esa universalidad de los conceptos y de los principios, es posible el conocimiento científico, pues a la ciencia no le interesa el conocimiento de lo singular sino como un medio para obtener conclusiones universales, aplicables a todos los seres de la misma especie. Así pues, no le interesa tanto el conocimiento de este pedazo de azufre, sino las propiedades de todo el azufre.

Por otro lado, mientras que el conocimiento sensible es captado por los sentidos, el conocimiento intelectual es captado por la inteligencia, como tendremos ocasión de explicar más adelante. De aquí se deriva, que el conocimiento sensible también puede ser captado por los animales en la medida en que sus sentidos funcionen en forma similar a los del hombre. (Se sabe, por ejemplo, que algunos animales no captan los colores). El conocimiento intelectual, por tanto, es propio del hombre, con la misma salvedad hecha anteriormente, pues si se demuestra que algún animal tiene inteligencia, también hay que aceptar su capacidad para este tipo de conocimiento.

Por último, el conocimiento sensible permanece en forma de imágenes, mientras que el conocimiento intelectual permanece en forma de conceptos, juicios y raciocinios, que serán explicados más adelante. En resumen:

Conocimiento sensible	Conocimiento intelectual
—Es obtenido por los sentidos.	—Es obtenido por la inteligencia.
—Permanece como imagen.	—Permanece como concepto, juicio o raciocinio.
—Es propio del hombre y de los animales.	—Es propio del hombre.
—Es singular	—Es universal

6.5 Apéndice: El Raciocinio y la Ciencia

6.5.1. La Esencia del Raciocinio

En cualquier ciencia sucede que las proposiciones que la componen siguen un cierto orden o estructura lógica. La ciencia no es una simple yuxtaposición de conocimientos, sino que todos ellos guardan una relación de unos con otros. De tal manera, que el conjunto forma un todo unitario, con una secuencia lógica, y con un orden inteligible.

En este orden científico hay un tipo de relación que se encuentra a menudo, y es el producido por una operación intelectual, llamada raciocinio. Cuando una persona razona, obtiene nuevas proposiciones a partir de las ya conocidas.

Así es como gran parte del orden, que se encuentra en los escritos científicos, se debe a esta ilación o relación de dependencia lógica de unas proposiciones con respecto a otras. Las conclusiones dependen de las premisas; y estas conclusiones, a su vez, pueden ser utilizadas corno nuevas premisas para obtener más conclusiones. El encadenamiento de proposiciones, así obtenido, puede ser todo un capítulo de un cuerpo científico, o una demostración de una tesis básica, o, simplemente, la aplicación de algunos principios a la solución de algún problema concreto.

Razonar es obtener nuevos conocimientos a partir de los ya adquiridos; es avanzar más allá de los datos que nos proporciona la intuición sensible, la idea, el concepto y el juicio; es encontrar nuevas verdades, utilizando como trampolín o base los conocimientos ya establecidos.

Lo esencial de un raciocinio es la ilación o nexo necesario entre las premisas y la conclusión. Dicha ilación o nexo necesario suele expresarse con las palabras: por tanto, luego, en consecuencia, etc. Así pues, en el raciocinio se distinguen las premisas, que son las proposiciones de las cuales se parte para inferir otras, que son las conclusiones obtenidas. En un raciocinio, por lo menos, hay tres elementos: premisas, conclusiones y nexo necesario o ilación.

Nótese que varias imágenes juntas no forman un concepto. Este posee una estructura especial que, de alguna manera, se refiere a las imágenes. Lo mismo sucede con los conceptos yuxtapuestos; esa yuxtaposición todavía no es un juicio; se requiere la afirmación como elemento esencial. También ahora, podemos hacer la distinción: varias proposiciones juntas no forman un raciocinio; se requiere la ilación entre ellas. Un conjunto de proposiciones ligadas por ese nexo, que hemos llamado ilación, es lo que se denomina argumentación.

Ejemplos de raciocinio se encuentran en cada momento de la vida de una persona. No sólo resolver un problema matemático o físico, a partir de ciertas fórmulas; también, la inferencia de esas fórmulas o teoremas generales ha tenido como base un raciocinio. Un libro de Geometría en donde se demuestra cada teorema es, al fin y al cabo, un conjunto de raciocinios. Nótese que el aprendizaje de los raciocinios no es tanto cuestión de memorizar, sino de entender la ilación o encadenamiento de tales proposiciones. El alumno las podrá deducir por su cuenta, una vez que las haya entendido, aun cuando no sepa la demostración "de memoria". La técnica moderna ha avanzado gracias al raciocinio ejercido por los sabios e inventores, que han logrado aplicar a la práctica ciertas leyes inicialmente conocidas. Así, pues, el avance de la ciencia se debe, en gran parte, al uso del raciocinio en la solución de los problemas teóricos y prácticos que van surgiendo.

6.5.2. Deducción e Inducción

Desde el punto de vista de la universalidad de la conclusión podemos distinguir dos tipos de raciocinio: el inductivo y el deductivo. Los dos se oponen radicalmente. Mientras que la deducción va de lo universal a lo particular, la inducción es el proceso inverso, pues va de lo particular a lo universal.

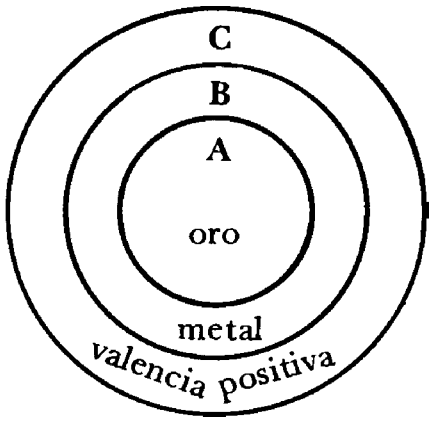
Es inducción el raciocinio por el cual se han descubierto las leyes universales de la Física, la Química, la Biología, etc. Es decir, a partir de la observación de muchos casos particulares, se infirió la ley universal. En cambio, cuando se aplican esas leyes universales a los casos singulares y se obtienen respuestas concretas y particulares, el raciocinio efectuado se llama deducción.

Por ejemplo, se deduce cuál es el nuevo volumen de un gas, sometido a determinada presión, cuando se conoce como dato del problema cuál ha sido su volumen sometido a otra presión, aplicando la ley de BoyIe-Mariotte que dice: PV, igual a P'V'. La aplicación de esta ley universal a un caso particular es lo que se llama deducción.

En cambio, la obtención de esta ley universal es un caso de inducción. Deducción e inducción son dos procesos inversos y complementarios. Las ciencias no pueden prescindir de ninguno de estos dos tipos de razonamiento. Si bien es cierto que la inducción da origen a las leyes científicas, no es menos cierto que la deducción da origen a las aplicaciones particulares de esas leyes, que en algún caso son también leyes, aunque menos universales. Muchos teoremas geométricos son producto de la deducción a partir de axiomas universales que se han captado por simple intuición. Esta aclaración es indispensable para valorizar la deducción y no únicamente la inducción, como ha sido una tendencia manifiesta en algunos científicos.

6.5.3. El Raciocinio Deductivo

Cuando el punto de partida es, por lo menos, una premisa universal, y se infiere una proposición singular (o menos universal que la premisa), el raciocinio se llama deducción, y su forma estricta es el clásico silogismo, que ha sido estudiado a la perfección por Aristóteles, hace veinticuatro siglos. La estructura general de un silogismo tiene la siguiente fórmula: A está contenido en B; B está contenido en C; luego, A está contenido en C. Por ejemplo: Todos los metales tienen valencia positiva; el oro es un metal; luego, el oro tiene valencia positiva.

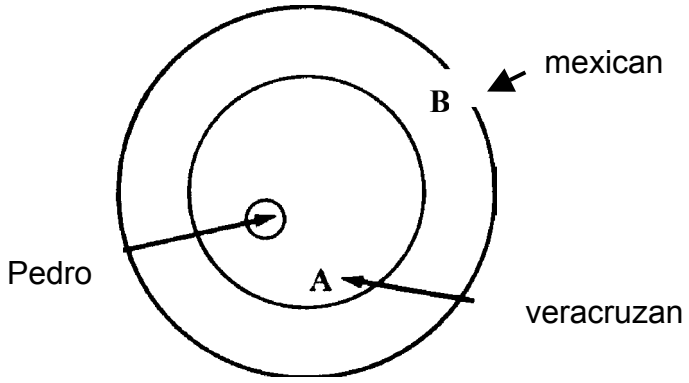


El ejemplo anterior representa el caso más sencillo de silogismo, tanto que parece un mecanismo inútil. Sin embargo, las cosas se complican cuando alguna premisa es negativa o particular, o el término que sirve de intermediario (metal, en el ejemplo dado) ocupa un puesto diferente. Las diversas combinaciones que surgen con todos estos cambios indicados dan lugar a las figuras y los modos del silogismo, que pueden consultarse en cualquier libro de Lógica.

6.5.4. EL VALOR DEDUCTIVO DEL SILOGISMO

Existe una tendencia a criticar el valor deductivo del silogismo. Se dice que para conocer la premisa mayor (universal) es necesario conocer primero la conclusión; por tanto, no hay tal inferencia a partir de la premisa para llegar a la conclusión. Por ejemplo, (continúan los objetantes) en el conocido silogismo: Todo hombre es mortal; Pedro es hombre; luego Pedro es mortal; para afirmar que todos los hombres son mortales ha debido ser necesario conocer de antemano que Pedro es mortal.

Se puede responder a dicha objeción diciendo que la inclusión de una clase o categoría en otra (la categoría de hombre en la categoría de mortal) puede hacerse sin necesidad de conocer a todos los miembros contenidos en esas categorías. Puedo captar, por ejemplo, que la categoría de veracruzano está contenida en la categoría de mexicano, aun cuando no conozca a ningún veracruzano. El silogismo expresa, por tanto, que si una categoría A está incluida en una categoría B, como en los círculos del diagrama, se infiere que cualquier miembro de la categoría A debe estar incluido en la categoría B.



La primera premisa, por tanto, se refiere a una inclusión total de una categoría en otra. La segunda premisa se refiere a un miembro de la primera categoría. A partir de esto es perfectamente válido inferir la inclusión de ese miembro dentro de la categoría más amplia.

Todo el núcleo de la discusión está en la posibilidad de incluir una categoría dentro de otra, lo cual no tiene réplica si se conoce el significado exacto de ambas categorías. Las divisiones y las reglas propuestas para esta operación tienen aquí perfecta aplicación. Asentada esta posibilidad como algo válido, el resto es un procedimiento mecánico. Si conozco la inclusión de la categoría de veracruzano en la categoría de mexicano, el procedimiento deductivo consiste en asentar que Pedro (o cualquier miembro de A) es mexicano (pertenece a la categoría B).

Si se analiza este modo de captar el silogismo, se puede vislumbrar la posible causa de la objeción. Esa objeción es lógica cuando las dos premisas expresan sólo individuos. En efecto, la proposición "Todos los hombres son mortales", se refiere a individuos; en ese caso si sería necesario conocer que Pedro es mortal; en cambio, la proposición "Todo hombre es mortal", o mejor "El hombre es mortal", se refiere a la categoría de hombre incluida en la categoría de mortal. Si se intuye, pues, la inclusión de una categoría en otra, cesa la dificultad originaria. Se parte, pues, del conocimiento de categorías o conceptos universales, y se concluye una proposición referente a individuos (o bien, a categorías de menor extensión).

6.5.5. El Silogismo Condicional

Como su nombre lo indica, se basa en una hipótesis o condición expresada en la premisa mayor. Su forma general es la siguiente:

Si A, se sigue B.
Es así que A.
Luego, se sigue B,

Por ejemplo: Si Pedro es veracruzano, se sigue que es mexicano.

Es así que es veracruzano.

Luego, se sigue que es mexicano.

La premisa mayor consta de un antecedente y un consecuente. La relación entre ambos es de tal manera que la afirmación del primero implica la afirmación del segundo, mas no al revés; pero en cambio, la negación del segundo implica la negación del primero, mas no al revés. Se trata de dos importantísimas reglas del silogismo condicional, cuy a infracción, bastante frecuente, ha ocasionado innumerables confusiones y errores. Enseguida las desglosaremos para su mejor entendimiento.

Primera regla: (*Modus ponens*): De la afirmación del antecedente se sigue la afirmación del consecuente, pero no viceversa.

La última parte de la regla es muy importante. Significa que la afirmación del consecuente no implica la afirmación del antecedente. Por tanto, un raciocinio de esa forma sería incorrecto, y sólo por casualidad verdadero. En efecto, volviendo a nuestro ejemplo anterior: Si sostenemos que Pedro es mexicano, de allí no se sigue que es veracruzano.

En otras palabras, puesto el antecedente, se deriva que se debe poner el consecuente; pero puesto el consecuente no se deriva que se debe poner el antecedente. (De aquí el nombre latino de esta regla: modus *ponens*). La razón está en que el antecedente y el consecuente están ligados en una relación semejante a la de efecto y causa. Por tanto, si hay efecto es que hay causa, mas podría haber causa sin que se diera el efecto, por no realizarse otras condiciones necesarias para éste.

Segunda regla: De la negación del consecuente se sigue la negación del antecedente; pero no viceversa. (*Modus tollens*).

Por ejemplo: Si la pluma escribe, es que tiene tinta.

Esta pluma no tiene tinta.
Luego, no escribe.

En cambio, nótese la falta de corrección cuando se quiere deducir la negación del consecuente a partir de la negación del antecedente.

Si la pluma escribe, es que tiene tinta.
Esta pluma no escribe.
Luego, no tiene tinta (?).

Repito: materialmente puede darse el caso de que la pluma efectivamente no tenga tinta, pero eso sucedería, no como consecuencia necesaria del hecho de que no escribe, sino por otras razones independientes del raciocinio expresado.

Este *modus tollens* ha sido utilizado con frecuencia en la epistemología moderna para sostener la teoría de la falsación de una tesis, según la cual, en el primer momento en que un caso singular no esté adecuado con una supuesta ley universal, es suficiente para derribar dicha ley. La formulación de esto en términos del silogismo condicional sena así:

Si se da la ley universal X, se sigue que debe realizarse en cada caso singular.
Es así que no se realiza un determinado caso singular.
Luego, tampoco debe darse la ley universal X.

6.5.6. Definición E Importancia De La Inducción

La inducción es un proceso inverso al de la deducción. Si ésta parte de lo universal y concluye lo particular, la inducción va de lo singular a lo universal, es decir, parte de la observación de algunos casos singulares y obtiene una ley universal.

Se puede definir con todo rigor de la siguiente manera: "Es el raciocinio en donde, a partir de la observación de una relación constante entre fenómenos, se obtiene una relación esencial, y por tanto, universal y necesaria entre dichos fenómenos".

Por ejemplo, se observa que varios metales, como el oro, el fierro, el cobre, etc., son buenos conductores de la electricidad. De allí se infiere que "todo metal es un buen conductor de la electricidad".

Más adelante diremos cómo se fundamenta una inducción rigurosamente válida, y en qué difiere de una simple generalización sin base científica. Por lo pronto, nótese cómo la definición ya nos está indicando que su proceso depende de la captación de una relación esencial en una serie de experiencias singulares. A partir de dicha captación es perfectamente válido inferir que todos los casos inviscerados en dicha esencia poseen la propiedad indicada.

Gracias a este tipo de raciocinio es como se obtienen las leyes de las ciencias experimentales. De ahí su máxima importancia en el tratamiento del método científico. Por eso, cuando se explicite más adelante este método, haremos especial referencia a estas ideas acerca de la inducción, para poder justificar los procedimientos especiales que se han propuesto para llevar a cabo la inducción.

6.5.7. Clases de Inducción

Se acostumbra dividir la inducción en total y parcial. En realidad, sólo la segunda tiene verdadera importancia en la metodología científica.

La inducción total consiste en observar todos los casos contenidos dentro de una clase o categoría, y a partir de allí, expresar la propiedad captada en cada uno de esos casos como una propiedad universal. Por ejemplo, "Mercurio carece de luz propia, la Tierra, carece de luz propia, Venus. . .Júpiter (y así cada uno de los planetas) carecen de luz propia; luego, todos los planetas carecen de luz propia".

Como puede observarse, no hay propiamente un raciocinio en esta operación; se trata más bien de una totalización de datos que han sido observados expresamente. Los casos de inducción total son relativamente raros, y no vale la pena insistir más en ella.

La inducción propiamente dicha sena la inducción parcial, Consiste en observar una propiedad en un número suficiente (no total) de casos singulares, y de allí inferir la ley universal. Por ejemplo: "El oxígeno aumenta su volumen en razón de su temperatura absoluta; el hidrógeno también, y lo mismo sucede con el nitrógeno, etc. Luego, todos los gases aumentan su volumen en razón directa de su temperatura absoluta".

Cuando la observación de los casos no es total (puesto que seria imposible), el raciocinio o inferencia de una nueva verdad consiste en saltar de esos cuantos casos singulares hasta la totalidad de ellos. Naturalmente, debe haber un fundamento científico que le dé validez a dicho salto.

6.5.8. Fundamento de la Inducción

La fundamentación de la inducción ha sido un problema agudo cada vez que se trata la teoría de la ciencia. Habría que encontrar las razones para asentar como legítimo el paso de lo contingente a lo necesario, de lo singular a lo universal, del hecho al derecho, del fenómeno a la ley que lo rige. Es relativamente fácil el proceso inverso, comparable a una especie de descenso. Lo difícil es el ascenso a la ley universal a partir de un cierto número de casos singulares.

A primera vista parece que no es posible legitimar la inducción, porque, o bien se tacha la inducción total como tautológica (es decir, que se concreta a decir en la conclusión lo mismo que en las premisas), o bien se tacha la inducción parcial como sofística, pues la suma de todos los casos singulares y contingentes observados no nos da derecho a una conclusión universal y necesaria.

Podríamos considerar dos tipos de justificación, una en sentido riguroso que se da en algunos casos, y otra en sentido lato que se da con mayor frecuencia.

a) La justificación en sentido riguroso se refiere a la intuición de una esencia o nexo necesario. En efecto, recuérdese lo dicho acerca del contenido de la idea y del concepto. La inteligencia capta en un fenómeno (o en una serie de fenómenos) ciertas estructuras y nexos con carácter estable y aun necesario. En ese momento está en posesión de una idea o de un concepto. La expresión de esa relación como algo existente da lugar a un juicio. Ese juicio expresado en forma universal contiene ya una inducción o universalización. Esto se capta mejor con la ayuda de un ejemplo.

Cuando se analiza el concepto de hombre, se encuentra la posibilidad de la libertad en función de una característica de su conocimiento, que es racional y axiológico. La libertad, por tanto, tiene un nexo necesario con el concepto de hombre, aun cuando no forma parte de la definición del hombre, pues se trata, más bien, de una característica que se puede derivar al escudriñar la esencia del hombre. Este tipo de propiedades, implícitas en la esencia de un objeto, da origen a juicios universales, que en el caso propuesto sería: "El hombre es libre por naturaleza". Esto es una inducción, puesto que se ha partido del conocimiento de algunos hombres, se ha captado una esencia, y se ha derivado una propiedad de esa esencia, como es la libertad.

De la misma manera es posible inferir ciertas características universales de algún tipo de seres. Por ejemplo, se puede inferir que los mamíferos tienen conocimiento sensible, por el hecho de poseer los órganos sensibles similares a los del hombre. En Química se puede inferir un cierto

tipo de propiedades de algunos elementos a partir del conocimiento de su constitución atómica y molecular. En Matemáticas es posible inferir propiedades universales, como "la suma de los tres ángulos de un triángulo es igual a 180°", a partir de un análisis de la relación entre esos ángulos. En fin, cada vez que se infiere una nueva propiedad en función de un análisis de los datos ya conocidos, tenemos una inducción.

b) Por otro lado, existe una inducción lata (menos rigurosa) y consiste en experimentar en un número abundante de casos singulares hasta constatar que en todos ellos, o en su gran mayoría, se da una propiedad o característica determinada. El tipo de experimentación realizada con observación rigurosa, registro meticuloso, y aislamiento de variables que posiblemente interfieren, da una cierta garantía de que se puede generalizar la conclusión obtenida, aun cuando nadie podría garantizar la necesidad estricta de esa relación entre variables estudiadas. De cualquier manera, el hombre ha confiado en una cierta constancia en el obrar de la naturaleza, y, por tanto, se da por satisfecho cuando constata esa regularidad de un fenómeno dado en un número considerable de casos. Precisamente aquí tenemos uno de los elementos del método científico que posteriormente abordaremos con mayor detalle.

En este momento nos asomamos a una de las discusiones más fuertes que se han dado entre las personas dedicadas a reflexionar acerca del origen y el valor del conocimiento científico. Existen dos tendencias opuestas, el racionalismo y el empirismo, que pretenden explicar el origen y el valor de la ciencia. En medio de ellas se han dado infinidad de variantes, pero siempre con alguna tendencia predominante.

El racionalismo se inclina por el lado de la razón, del análisis de conceptos, la intuición de rasgos esenciales y de propiedades necesarias. La última palabra en el avance de la ciencia está en esta capacidad intelectual que posee el hombre, y gracias a la cual es posible lanzar nuevas hipótesis, estructurar elementos dispersos en el conocimiento vulgar de los fenómenos, deducir nuevas propiedades, proceder por analogías hasta encontrar expresiones más exactas. En una palabra, la ciencia es una creación de la mente humana, y si bien es cierto que se requiere el dato empírico, y la observación y la comprobación experimental, (que en algunos casos se reduce a una simple corroboración de lo que la mente ha intuido), lo verdaderamente originante.en la ciencia y aquello que le da valor propiamente universal y necesario, es el funcionamiento de la razón.

Por otro lado, el empirismo se inclina por el lado de la experimentación visible, controlable, mensurable, hasta el grado de que una hipótesis de la razón no puede darse como elemento científico hasta que no haya pasado por la prueba de la experimentación. Por tanto, en esta corriente, el papel del experimento no es sólo una corroboración, sino que es la base en la que se apoya el avance científico. La ciencia es tal gracias a la verificación experimental, que posibilita y garantiza la generalización y el convencimiento de cualquier persona que pretende repetir esos experimentos. Esta actitud rechaza con firmeza todo dogmatismo de la mente, cualquier tesis sin demostrar o inverificable empíricamente, y acepta su limitación en cuanto al alcance de sus tesis verificadas, pues no pretende una verdad universal y necesaria, sino simplemente, una serie de fenómenos y de leyes suficientemente comprobados y aplicables en la práctica.

Entre esos dos extremos o tendencias opuestas, siempre es posible ocupar una postura sintetizadora que, tomando en serio ambos énfasis, adopte una visión amplia, en donde tanto el aspecto racional como el empírico tienen su correspondiente papel en la investigación científica. Tal como estudiaremos a la hora de desarrollar las etapas del método científico, veremos que en algunas pasos predomina el uso de la razón, y en otros es mas fuerte el uso de la experimentación

u observación empírica. Pero en todo momento está el hombre entero, con su mente y con sus sentidos, procurando el avance de la ciencia.

6.5.9. El término medio como elemento explicativo en una Proposición

Como un complemento al tema de la fundamentación de una tesis podemos decir lo siguiente:

Para explicar la razón de un fenómeno expresado en un juicio (o proposición), existe un procedimiento clásico, que es la búsqueda del término medio, es decir, la iluminación de un cierto elemento (un concepto, por ejemplo) que sirve como puente entre los dos términos del juicio que se quiere explicar.

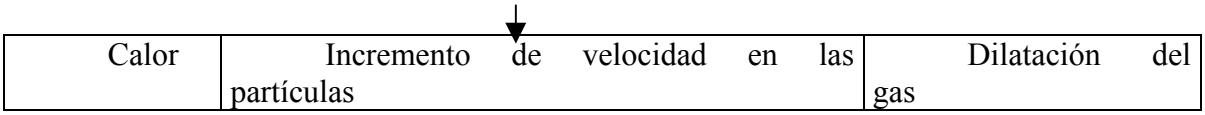
Por ejemplo, se da el fenómeno de la dilatación de un gas por el aumento de temperatura, lo cual se puede expresar en la siguiente proposición: "El calor dilata los gases". Se trata, pues, de encontrar una explicación a este fenómeno. El procedimiento clásico consiste en encontrar el término medio (TM) que sirve para enlazar con evidencia el sujeto “calor" y el predicado "dilatación de gases". Racionalmente hablando, el problema consiste en que el enlace entre sujeto y predicado en ese juicio, originalmente no es evidente a la luz de la razón. Podría, pues, encontrarse un concepto que, por un lado, mantenga una evidente conexión con el sujeto, y por otro lado y en forma simultánea, mantenga una conexión también evidente con el predicado. Si la inteligencia capta ese concepto, obtiene la luz necesaria para explicarse el juicio dado, es decir, para captar la evidencia o la lógica de la unión entre sujeto y predicado. Ese concepto sirve como puente o intermediario entre sujeto y predicado; por esta razón se le llama término medio.

Desde otro punto de vista, más cercano al empirismo, el problema consiste en manejar diversos casos de dilatación de gases, observarlos y experimentar sus variables, hasta dar con la explicación del fenómeno. En realidad, los dos puntos de vista expuestos no son excluyentes, sino que se complementan. En el fondo, la observación y la experimentación constituyen la fuente que proporciona la pista para que la inteligencia capte el enlace racional entre los dos extremos de la proposición, que aparentemente sólo están yuxtapuestos. Esa explicación de un fenómeno se encuentra, pues, gracias a la actividad empírica, pero sólo queda explicitada gracias a la actividad racional que, a la vez, la expresa en forma lógica y clara para la razón en general.

En el caso ejemplificado, ese término medio es "incremento de velocidad de las partículas elementales". En efecto, el calor es energía que produce un incremento de velocidad en la sustancia así tratada. Y por otro lado, ese incremento de velocidad produce choques y expansión de volumen en esas partículas. Es decir, se puede imaginar un gas con baja temperatura y con poca velocidad en sus partículas. Al aumentar la temperatura, aumenta la velocidad de sus partículas, hay mayores choques, expansión del volumen ocupado por esas mismas partículas. He aquí una explicación racional, por la cual la inteligencia queda satisfecha al enunciar el juicio: "El calor dilata los gases". Por supuesto, la explicación dada tiene que estar fundamentada en la observación empírica.

Nótese el término medio en cuanto explicativo y conector de sujeto y predicado:

TM



Calor	Incremento de velocidad en las partículas	Dilatación del gas

SUJETO PREDICADO

A partir de este ejemplo podemos dar un paso más y hacer notar que todo esto es exactamente el mismo mecanismo del silogismo tradicional.