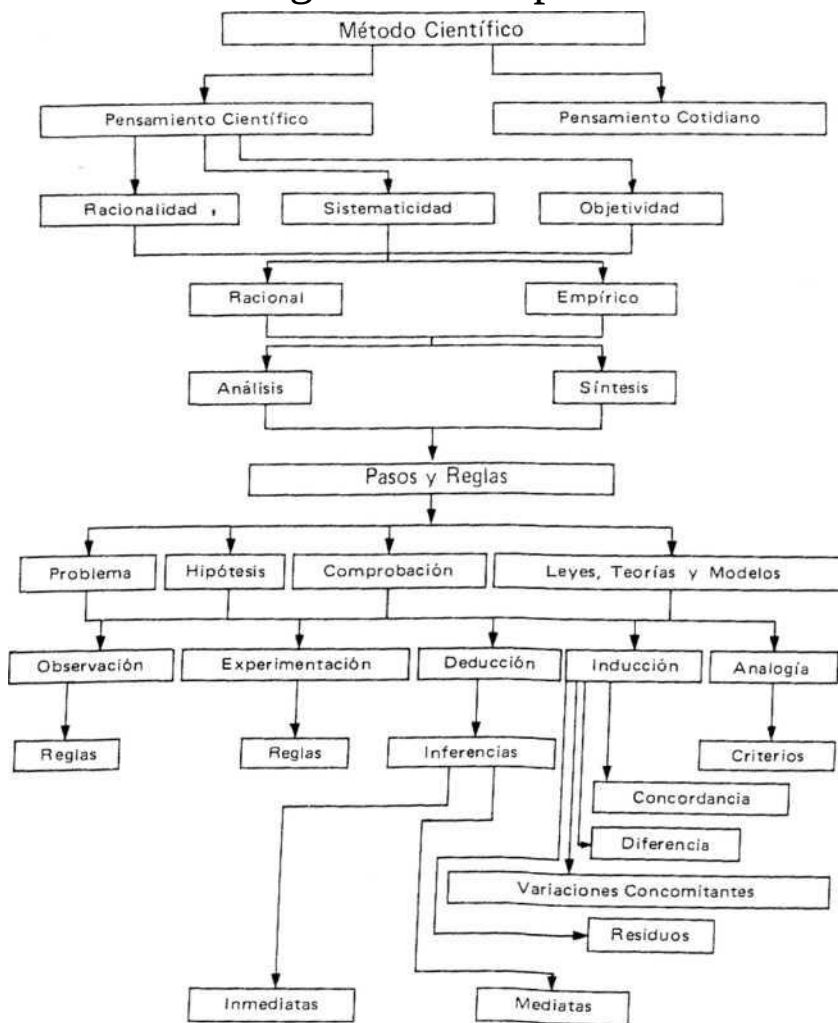


Unidad 2

- El Método Científico

Diagrama conceptual



1.1 EL PENSAMIENTO COTIDIANO Y EL CIENTIFICO

Si el común de las personas no entendiera lo que es el pensar y el pensamiento, de todas maneras pensaría continuamente, a lo largo de toda su existencia, aunque con muy marcadas diferencias:

- Un campesino piensa cuando decide no viajar a una ciudad.
- Una secretaria piensa cuando considera aburrido su trabajo.
- Un estudiante piensa cuando compara sus calificaciones con las de otros de sus compañeros.

También se piensa:

- Para hacer una investigación biológica de la célula.
- Para criticar una teoría física.
- Para crear una hipótesis científica.

En una o en otra medida, con mayor o menor extensión, con desigual profundidad, todos pensamos.

Por pensamiento cotidiano se entiende, en primer término, toda aquella actividad intelectual que se da en la mayoría de las personas, de manera habitual, todos los días, y que no pretende llegar a explicaciones profundas.

Por pensamiento científico, conviene entender elementalmente, por ahora, toda actividad intelectual que busca explicaciones profundas de amplio alcance objetivo.

Algunos autores denominan saber vulgar, sentido común, pensamiento ordinario, pensamiento no científico, conocimiento ordinario, etc., a lo que aquí se llama pensamiento cotidiano.

En realidad, *no existe una oposición entre el pensamiento cotidiano y el científico; uno y otro se complementan.*

La ciencia no arranca de cero; se finca en algo ya existente: en los resultados del conocimiento cotidiano.

Como ilustración de lo antes dicho puede mencionarse el hecho de que la medición de terrenos fue campo fértil para el nacimiento de la geometría; las creencias mágicas y religiosas, en la sobrevivencia del hombre, han encauzado posteriores y serias investigaciones psicológicas; el misterio y la preocupación de antiguo por la enfermedad y la reproducción humanas crearon el fermento para la constitución de la biología.

Pero conviene no confundirse: la ciencia no es una mera prolongación del pensamiento cotidiano; no cabe la comparación que podría darse entre la limitación de visión del ojo humano y la amplitud de visión del telescopio y del microscopio. Estas clases de pensamiento llegan a coincidir en ocasiones; pero

no tardan en separarse y resaltar sus diferencias. Desde este instante la ciencia sigue sola su camino. “La ciencia, en resolución, crece a partir del conocimiento común y lo rebasa con su crecimiento; de hecho, la investigación científica empieza en el lugar mismo en que la experiencia y el conocimiento ordinarios dejan de resolver problemas o hasta de plantearlos.” (1)

Ahora ya podemos penetrar un poco más y, retomando los conceptos iniciales, insistir en que la diferencia fundamental entre los dos tipos de pensamiento expuestos consiste en el tipo de explicación que cada uno de ellos presenta.

“Hay que agregar que el sentido común, cuando ofrece explicaciones, lo hace —en la mayoría de los casos— sin demostraciones críticas que destaquen la relevancia de la explicación para los hechos que intenta aclarar. El deseo de obtener explicaciones, al mismo tiempo sistemáticas y controlables por la evidencia fáctica, es precisamente el hecho generador de la ciencia. La organización y clasificación de los acontecimientos, con base en principios explicativos, en estructuras cada vez más definidas y abarcando un número creciente de fenómenos, es lo que constituye la finalidad de la ciencia.” (2)

Dar una explicación es investigar las causas de por qué es así y no de otra manera, se hace en términos de leyes y principios.

Quizá un ejemplo pueda aclarar algo de lo expresado con respecto a la explicación. Si un estudiante va a jugar a un campo deportivo lejano de su casa y regresa después de la hora convenida con sus padres, puede pretender justificar su tardanza con el hecho de que una tormenta causó averías en los cables eléctricos del trolebús que lo iba a transportar. Si esto sucedió realmente, se estará dando una explicación, pues la tardanza se desprende lógicamente del desperfecto eléctrico. Si este mismo estudiante hubiera dicho que se demoró porque en otro país su equipo favorito de fútbol perdió un partido, es claro que tal suceso no puede considerarse como una explicación de valor justificativo. De esa derrota no puede inferirse el porqué del retomo retrasado.

El ejemplo anterior nos hace ver que existen explicaciones satisfactorias y no satisfactorias. Las de la ciencia deben ser, entre todas, las más satisfactorias; las que, refiriéndose a asuntos de trascendencia, puedan sostenerse por sí mismas y convencer a toda razón capaz de entenderlas. Antes de ahondar en las explicaciones científicas, en su estructura y en sus resultados, separados un poco más de lo cotidiano, conviene insistir un poco más en confrontar lo científico con lo cotidiano, que ahora ya podemos entender como no científico.

Para esta confrontación recurriremos al pensamiento de Wartofsky. Son explicaciones no científicas:

- a) Las basadas en poderes o seres imaginarios.
- b) Aquéllas llamadas “filosofía popular”, “sabiduría popular” o “filosofía del pueblo”.
- c) Las de saberes o técnicas prácticas.

a) Explicaciones basadas en poderes o seres imaginarios.

El hombre común, ante lo desconocido, tiende a buscar explicaciones que eviten temor. Si no encuentra una razón suficiente, inventará algunas discutibles, pero seguras emocionalmente, que le alejen de la incertidumbre. Son creencias sin fundamento en el conocimiento real. Forman un mundo mágico atrayente por su desbordante imaginación, poesía e irresponsabilidad con la realidad. “Un universo poblado de dioses y demonios, espíritus buenos y malignos, poderes mágicos, encantamientos, hechizos y ritos, palabras y números místicos por medio de los cuales podrían dominarse los acontecimientos y las acciones, magia negra y blanca, ritos secretos, tabúes, trucos y pociones para hacerse amar, para lograr la fertilidad, para hacerse temer, para hacer que crezcan las cosechas, para guardarse del mal de ojo, para burlas a los dioses o para cegar a los enemigos; el catálogo de las creencias supersticiosas es tanto largo como variopinto, pero no ha de interpretarse como síntoma de la ignorancia del hombre, sino de sus intentos para explicar y gobernar la naturaleza.” (3)

Este tipo de explicaciones se encuentra en las más distintas sociedades, no solamente en la antigüedad, como pudiera pensarse, sino aun en nuestro siglo xx; y no es exclusivo de las regiones con menos desarrollo científico y técnico, pues también se encuentra del todo manifiesto o latente en los hombres temerosos de los ambientes de mayor cultura. La mayoría de los diarios y revistas más reputados de nuestro mundo occidental no dejan de incluir, para agrado de todos, una sección de horóscopos; y, a fin de año, no faltan las profecías —casi siempre pavorosas— de los acontecimientos que están por llegar, nacidas de la imaginación de adivinos y nutridas en el suelo fértil de la ingenuidad y el temor del hombre a lo desconocido. Se imprimen por millares libros con horóscopos que señalan con precisión las características físicas, morales y mentales de los nacidos bajo determinado signo; y también señalan los días más favorables, los desfavorables y los que no son ni lo uno ni lo otro, para cada uno de los acontecimientos de la existencia; tampoco dejan de recomendar las piedras y las flores que pueden traer “buena suerte”. Existen en nuestro medio social muchas damas —ricas y pobres— que se “echan las cartas” y se dan “limpias”, con tal de obtener amores o fortuna; y

no escapan a estas prácticas algunos hombres cultos.

Las precedentes explicaciones no son científicas, lo cual no las hace despreciables, sino el que pretendan competir y sustituir a las que son fruto de la ciencia. Si no nacieran de un temor irracional y no desquiciaran, en muchos casos, a quienes profesan tales creencias; si fueran inofensivas, no merecerían objeción alguna. Por lo contrario, enriquecerían la vida, llenándola de imaginación y de poesía.

b) Explicaciones llamadas “filosofía popular”, “sabiduría popular” o “filosofía del pueblo”. *La experiencia del ser humano permite, en muchos casos, refinar ciertas dosis de sabiduría que el sentido artístico aprisiona en frases casi siempre atinadas.* Nos estamos refiriendo a dichos populares, refranes, proverbios y adagios. Estas expresiones de uso común, arraigadas como creencias, se transmiten de unas generaciones a otras; son un legado cultural “sabroso”: “A Dios rogando y con el palo dando”, “Más vale pájaro en mano que ver un ciento volando”, “Lo del agua al agua y lo del vino al vino”, “Camarón que se duerme, se lo lleva la corriente”, “No por mucho madrugar amanece más temprano”, “No importa el que llega primero, sino el que llega más lejos”. Cuando han sido bien logradas son didácticas, porque excitan la imaginación, el sentido del humor, y patentizan un saber de aplicación personal y práctico.

“Estas expresiones incorporan, en forma gráfica y económica, uniformidades bien observadas de la experiencia de comunidades enteras, aunque también el genio del verdadero descubrimiento, y nos sorprenden, por consiguiente, por su aptitud y alcance y porque revelan, en términos explícitos, verdades de las que ya teníamos conciencia vagamente.” (4)

c) Explicaciones de saberes o técnicas prácticas. Nuestros idiomas poseen un caudal de términos cuyos significados se pueden presentar en forma restringida y en forma amplia. Aquí radica su riqueza y su pobreza; si todas las palabras tuvieran para siempre un mismo sentido preciso, nuestro trato humano carecería de interés por ser rutinario y frío; la vaguedad o diversidad de sentidos de los términos hace posible que se pueda imprimir un sello personal a nuestras manifestaciones mediante el lenguaje, siempre y cuando no se vaya a los extremos que impedirían toda comunicación. Esto viene a colación porque este tercer tipo de explicaciones no científicas se apoya precisamente en las connotaciones amplias de *ciencia* y de *saber*.

Aquí sí es grave que un vocablo pueda entenderse en forma amplia y en forma restringida. Con suma irresponsabilidad, el término *saber* se aplica tanto a la habilidad para conducir un automóvil o para organizar grupos, como a la teoría de la relatividad o el principio de Arquímedes, lo que constituye un

abuso de las acepciones de las palabras y encierra un grave riesgo. Sería recomendable reservar las voces ciencia y saber para aplicarlas en sus significados más restringidos.

Estas explicaciones no científicas han cumplido una función histórica; pueden considerarse balbuceos de la ciencia, un querer ordenar la experiencia y ejercer dominio sobre ella. La ciencia ha requerido, como punto de partida de su desarrollo, estas explicaciones no científicas. Y en realidad, no las aparta; las asimila y las supera.

Hasta este punto, se ha analizado paralelamente lo cotidiano y lo científico. Es necesario distinguir con mayor claridad el pensamiento científico, para describirlo y caracterizarlo en función de su estructura interna.

1.2 EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

Un hombre culto, dotado de elemental curiosidad, puede preguntarse: ¿Cuál es la estructura interna del pensamiento científico? ¿Cuáles son sus características? ¿Cómo podría describirse de manera satisfactoria el pensamiento científico?

La mayoría de los estudiosos de la ciencia coinciden en asignarle al pensamiento científico las siguientes características:

- a) Objetividad.
- b) Racionalidad.
- c) Sistemática.

Estas tres características, ciertamente, también son aspiraciones del pensamiento cotidiano o de lo que algunos autores llaman *sano sentido común*; pero no son buscadas ni alcanzadas en la misma medida.

a) Objetividad. Se podrá decir de inmediato que el pensamiento científico no es subjetivo, que no depende de los intereses personales de quienes intervienen en él. Pero quizá es preferible darle más importancia a otra acepción de *objetividad*: *concordancia o adaptación a su objeto. El pensamiento científico se aplica a los hechos innegables y no especula arbitrariamente. Siempre que se mencione la objetividad, se entenderá como adecuación a la realidad o como validez independiente de los intereses del que conoce.*

En realidad, estos dos sentidos de objetividad se relacionan estrechamente. Sólo los hechos deben servir de guía a toda investigación científica. No deben mezclarse factores extraños subjetivos; los instintos y los sentimientos del que investiga y del que juzga lo investigado deben permanecer al margen del

mundo científico. Este requisito no es fácil de cumplir, pero implica un fin digno de alcanzar. A lo largo de la historia, es fácil comprobar que la objetividad no siempre se ha cumplido; personas, instituciones y pueblos poco evolucionados han caído en la subjetividad. Baste recordar el juicio a que fue sometido Galileo en virtud de que sus tesis científicas no concordaban con las creencias religiosas de su tiempo.

El pensamiento científico y el hombre científico deben ser imparciales y acostumbrarse a separar sus sentimientos y sus intereses personales cuando estén en el terreno de la ciencia. Sólo ha de interesarles que los hechos existan o no, y aceptarlos tal como son.

Se dijo que el pensamiento cotidiano también aspira a la *objetividad*, *racionalidad* y *sistematicidad*, lo mismo que el científico; pero que las persigue y las alcanza en grados muy diferentes. La objetividad que llega a obtener el pensamiento cotidiano es limitada, debido a que se encuentra demasiado atada a la percepción y a lo práctico; y, cuando se desprende, cae frecuentemente en algunas de las explicaciones no científicas que se analizaron con anterioridad.

Para acabar de aclarar lo que es la *objetividad*, conviene presentar algunos ejemplos sencillos. La salida del sol por el oriente es un hecho astronómico que acaece independientemente de que a un astrónomo o a cualquier persona común le guste o no. El pensamiento científico es objetivo en el sentido de que se investigan los hechos tal como son en la naturaleza; la astronomía se subordina a la naturaleza y al funcionamiento del sol, y no éste a la ciencia astronómica.

Si multiplicamos 6×5 obtendremos 30. Sabemos que este producto vale independientemente de que nos agrade o no, y del estado de ánimo en que nos encontremos.

b) Racionalidad. Se ha llamado razón a la facultad que permite distinguir al hombre de los animales. También se ha entendido por razón el fundamento o la explicación de algo. El pensamiento científico no está formado de imágenes, sensaciones ni hábitos de conducta. Se dice que en él hay racionalidad, porque está integrado de principios y leyes científicas. El hombre de ciencia forja imágenes, tiene sensaciones y posee determinados hábitos de conducta, y con ellos puede realizar su trabajo científico; pero siempre partirá de elemento?, racionales, y sus resultados también serán entes de razón.

La racionalidad, asimismo, entraña la posibilidad de asociar conceptos de acuerdo con leyes lógicas y que generan conceptos nuevos y descubrimientos. Y, en último término, la racionalidad ordena sus conceptos en teorías.

c) Sistematicidad. En la vida cotidiana, con frecuencia oímos hablar de diversos sistemas: del sistema digestivo, del sistema eléctrico de un automóvil,

del sistema de semáforos, y de otros muchos sistemas. ¿Qué podemos entender de inmediato por sistema? Comúnmente se podría entender por sistema una serie de elementos relacionados entre sí de manera armónica. Científicamente, el concepto de sistema debe entenderse con mayor precisión, en un sentido menos amplio. *Los conocimientos científicos no pueden estar aislados y sin orden; siempre están inmersos en un conjunto, y guardan relación unos con otros. Todo conocimiento científico sólo tiene significado, en función de los que guardan relación de orden y jerarquía con él.*

Las explicaciones que da la ciencia se estructuran sistemáticamente reflejando el orden y armonía que existe en la realidad. Los conocimientos de la alquimia y de la astrología no constituyeron ni constituyen ciencia, porque sus conocimientos no se estructuran armónicamente ni reflejan la realidad.

Si en una teoría sustituimos algunos de sus elementos, la estaríamos cambiando radicalmente, alteraríamos su sistematicidad.

Anotamos a continuación, siguiendo a Mario Bunge, una lista de características del pensamiento científico. El conocimiento científico es:

- a) Fáctico.
- b) Trascendente.
- c) Analítico.
- d) Claro y preciso.
- e) Simbólico.
- f) Comunicable.
- g) Verificable.
- h) Metódico.
- i) Explicativo.
- j) Predictivo.
- k) Abierto.
- l) Útil.

a) Fáctico. El conocimiento científico parte de los hechos dados en la realidad, los acepta como son, y frecuentemente vuelve a ellos para confirmar sus afirmaciones. No toma por objetos de estudio entes que no se hayan generado de alguna forma en la experiencia sensible. La química parte del agua, del calcio y de otros objetos de la realidad fáctica.

b) Trascendente. Aunque la ciencia parte de los hechos, no se queda en ellos; si así lo hiciera, su labor sería meramente contemplativa. El científico debe ir más allá de los hechos, de las apariencias. La Tierra no debió considerarse plana por el solo hecho de no poderse observar a simple vista su curvatura. El químico trasciende los hechos cuando combina ciertas sustancias

y produce una pasta dental.

Los microscopios y los telescopios son trascendencia de los hechos de la observación. Los motores de los automóviles han ido más allá de lo observado por los físicos con /especio al movimiento.

c) Analítico. Lo analítico del conocimiento científico empieza desde la mera clasificación de las ciencias a que nos referimos en este apartado. Se especializan en determinado ámbito de la realidad. Y una vez ya dentro de su propio territorio, se esfuerzan continuamente por desintegrar sus objetos de estudio a fin de conocerlos con mayor profundidad.

Las ciencias analizan sus problemas, los descomponen para estudiarlos mejor. Desde luego que la ciencia no analiza para tomar una parte y aislarla del todo. Por lo contrario, descompone y recompone sin cesar sus objetos de estudio: los separa sin dejar de entenderlos como integrantes de un todo.

d) Claro y preciso. Los conceptos científicos se definen de manera clara y precisa; la vaguedad daría al traste con cualquier pretensión en el terreno de la ciencia; pero no solamente los conceptos, sino también los problemas deben presentarse en forma clara y precisa. La noción de volumen es clara y precisa, y sólo así puede manejarla el químico.

e) Simbólico. El pensamiento científico no iría muy lejos si dispusiera solamente del lenguaje cotidiano. Necesita crear su propio lenguaje artificial cuyos signos y símbolos adquieren un significado determinado, lo menos variable posible, y se someten a reglas para crear estructura más complejas. *Hg*, $+$, *6* y *E* son algunos de los símbolos empleados por la ciencia.

f) Comunicable. El pensamiento científico no está destinado a un reducido número de personas: se ofrece a todo aquel cuya cultura le permita entenderlo. La ciencia cumple con una función informativa; el arte, con una expresiva, y las órdenes o mandatos, con una imperativa. El pensamiento científico comunica datos y reflexiones acerca de los hechos.

g) Verificable. Todo lo que produzca el pensamiento científico debe someterse a prueba; no debe aceptarse nada que no se adecúe a la realidad. La verificación se obtiene mediante la observación y la experimentación, aunque hay ciencias, como la astronomía y la economía, que en ciertos aspectos pueden prescindir de la experimentación. Las aspiraciones científicas de los médicos especializados en trasplantes de órganos no quedarán satisfechas mientras sus investigaciones fracasen en la realidad.

h) Metódico. El pensamiento científico no procede desorganizadamente; planea lo que persigue y la forma de obtenerlo. Procede obteniendo conclusiones particulares o generales y disponiendo de procedimientos tales como la deducción, la inducción y la analogía, que serán tratados más adelante.

i) Explicativo. Hubo un día en que el hombre ya no quedó satisfecho de las explicaciones basadas en mitos, que le resolvían sus problemas más angustiosos: ¿Qué es la vida? ¿Por qué mueren los humanos? ¿Qué destino le espera a la humanidad? Este fue el momento en que el hombre descubrió que estaba dotado de razón para resolver por cuenta propia, y no por seres suprahumanos, lo problemático del mundo que le rodeaba.

El pensamiento científico, a diferencia del cotidiano, no acepta únicamente los hechos tal como se dan; investiga sus causas, busca explicaciones de por qué son así y no de otra manera. Procura explicar los hechos en términos de leyes y principios. Un físico explica la caída de los objetos físicos en función de la ley de gravedad.

j) Predictivo. Todo conocimiento científico explica el comportamiento de ciertos hechos; pero no solamente para lo presente, sino también para lo pasado y para lo futuro. La predicción le sirve al científico para poder modificar los acontecimientos en beneficio de la sociedad, una vez que la técnica procura la comodidad del ser humano.

Las predicciones científicas no siempre son fatales (que no pueden dejar de darse). Cuando fallan, permiten corregir las hipótesis en que se basan. Ocurre que fallen las predicciones meteorológicas y también las médicas.

k) Abierto. Los objetos de la ciencia, sus conceptos, sus métodos y sus técnicas, no son definitivos; se encuentran en constante cambio. El pensamiento científico no es dogmático. Es abierto, en virtud de que sus estructuras son falibles, y es capaz de progresar. Un hombre que se conformara con los conocimientos que hasta ese momento le ha legado la humanidad sería sabio, pero no científico. El científico contemporáneo prefiere estar al tanto de las últimas innovaciones mediante las revistas científicas, y no en los manuales de tratados, que día a día van separándose de los últimos logros de la ciencia.

l) Útil. El hombre inculto es reacio al estudio de la ciencia, porque no ve su utilidad; piensa que solamente aquello en que puede ganar dinero es digno de alcanzarse. En verdad, comete un grave error. Basta con meditar detenidamente para comprobar la inmensa utilidad del pensamiento científico. Nuestro mundo actual, sin la ciencia inmersa en él retornaría a la época de las cavernas. La técnica es ciencia aplicada. La ingeniería ha hecho posible la construcción de los enormes edificios llamados rascacielos; a la física y a la matemática se debe que se hayan logrado realizar los viajes espaciales; y la medicina no podría prever ni combatir las enfermedades si no contara con el auxilio de la bioquímica.

“En resumen, la ciencia es valiosa como herramienta para domar a la naturaleza y remodelar la sociedad; es valiosa en sí misma como clave para la

inteligencia del mundo y del yo; y es eficaz en el enriquecimiento, la disciplina y la liberación de nuestra mente.” (5)

Insistimos en las características de las ciencias fácticas o factuales, dejando un poco de lado el tratamiento de las ciencias formales y la formalización de las factuales que se abordarán en los módulos que complementan este volumen.

Sin embargo, conviene adelantar un poco para evitar que se pueda caer en el error de considerar del todo desarticuladas a las ciencias. El método científico, en general, es común a todas las ciencias, que se diferencian por sus objetivos y sus técnicas. Las ciencias factuales estudian hechos; las formales, ideas. La lógica y la matemática, ciencias formales, no se relacionan directamente con nada que se encuentre en la realidad. La física y la química, ciencias factuales, se relacionan con hechos reales y recurren a la experiencia para comprobar sus fórmulas.

Pero la lógica se ocupa de las ideas en cuanto a su estructura, sean formales o factuales.

Bunge piensa que la ciencia formal es autosuficiente por lo que respecta al contenido y al método de prueba, en tanto que la ciencia factual depende del hecho en lo tocante al contenido o significación y del hecho de la experiencia para su comprobación. La verdad formal es mucho más completa que la verdad factual.

La lógica y la matemática son un conjunto de ideas, como también lo son la física y la química teóricas. Y todas las ideas, aunque se relacionen estrechamente con lo concreto, tienen una forma determinada. De esto se desprende que la ciencia factual contiene ciertos elementos formales que no se subordinan a los hechos de la experiencia.

Todas las teorías científicas, sean de ciencias formales o de ciencias factuales, aspiran a su formalización o reconstrucción lógica. Esta formalización consiste en la formulación simbólica, plena y completa de sus fundamentos.

La lógica y la matemática han avanzado demasiado en su formalización. Las ciencias factuales sólo han emprendido intentos parciales y desarticulados. Aún no está formalizada del todo la mecánica de Newton.

Las ciencias factuales han progresado sin su formalización, que no podría sustituir la invención ni la contrastación. La formalización beneficia al progreso teórico, dado que facilita un examen crítico.

Lo asentado ha seguido muy de cerca la concepción de la ciencia de Mario Bunge. Pero, ¿qué se puede decir, dentro de este contexto, de la historia? ¿Es ciencia o no? Las opiniones están divididas; unos piensan que sí es ciencia, y otros que no.

Los que piensan que la historia no es ciencia argumentan que:

- a) El hecho histórico es singular e irrepetible, no tiene la universalidad de la ciencia.
- b) Carece de método riguroso matemático o experimental.
- c) Las conclusiones de los historiadores son subjetivas.

Si ha de aceptarse la historia como ciencia, no debe necesariamente comparársele en todo a las ciencias formales o a las factuales.

La historia es ciencia sui generis porque:

- a) Se interesa, más que en los hechos individuales, en la evolución de grupos humanos.
- b) Es válido partir de documentos e inferir mediante hipótesis y verificar hechos históricos.
- c) Pretende explicar unos hechos mediante otros que son sus causas.

1.3 EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EXPLICA LA REALIDAD

La realidad, todo aquello que rodea al hombre, debe ser primero entendida para posteriormente ser transformada en beneficio de él. Antes de que un arquitecto construya una sala de conciertos, con todas las cualidades acústicas, es necesario que parta de las explicaciones del comportamiento del sonido que ha de proporcionarle el físico. El médico receta a su paciente cierta dosis de penicilina, para restituirle la salud perdida, en virtud de que la ciencia le explica el funcionamiento del organismo humano y la naturaleza de las medicinas. Bell hizo posible que el teléfono facilitara en gran medida la comunicación de los hombres, gracias a que primero se explicó cómo se propaga el sonido.

El aprovechamiento práctico que se logra al transformar la realidad mediante la aplicación del pensamiento científico, se hace posible gracias a que éste es predictivo. “El ingeniero que diseña un puente colgante deberá predecir el efecto de los vientos y especificar, de acuerdo con ello, los esfuerzos de los cables. El bacteriólogo que elabora una nueva vacuna deberá poder predecir qué efectos tendrá ésta sobre las personas vacunadas.” (6)

La explicación de la realidad que nos da el pensamiento científico constituye un fin valioso en sí mismo, independientemente de su posterior utilización para la transformación de la naturaleza. La explicación por la explicación misma colma la curiosidad innata en el ser humano, común en los niños, poco frecuente en los adultos, pero afortunadamente habitual en todo pensador científico. Esta curiosidad ha permitido ir registrando paulatinamente

explicaciones más acertadas. En la historia de la ciencia y de la filosofía se ha establecido una rivalidad entre el fin práctico (comodidades) y el fin teórico; algunos creen imposible que haya curiosidad intelectual en la explicación de la realidad, total desinterés en lo práctico, puesto que el hombre está obligado a satisfacer necesidades vitales; la ciencia, para estos pensadores, debiera considerarse tan solo como un instrumento que aporte bienes para mejorar el aprovechamiento de la naturaleza. Otros enfatizan el fin teórico.

Considero que ambas finalidades no pueden oponerse, las dos son legítimas, se complementan.

“Pero el científico busca algo más que un mero registro de estos fenómenos, trata de *comprenderlos*. Con este propósito, intenta formular leyes generales que revelen los esquemas de todas estas manifestaciones y las relaciones sistemáticas que hay entre ellas. El científico está empeñado en la búsqueda de las leyes naturales, conforme a las cuales se producen todos los acontecimientos particulares, así como los principios fundamentales que yacen bajo ellos.” (7)

Así, por ejemplo, la teoría de la gravitación universal y las leyes de la dinámica de Newton sintetizan las leyes de Kepler y de Galileo, explicativas de la mecánica del cielo y de la Tierra.

Conviene tener presentes los conceptos que es menester destacar en estas últimas reflexiones:

- Realidad.
- Explicación.
- Predicción.

A continuación se presentan ejemplos de explicaciones de dos ciencias: la química y la física, tomados de la *Enciclopedia Autodidáctica Quillet*, y en los cuales se señalan tales conceptos.

QUÍMICA

Objeto: agua.

Realidad: mares, ríos, nieve, humedad atmosférica.

EXPLICACIÓN

Lavoisier y Monge, franceses, en 1783, determinaron la composición del agua. Quemaron hidrógeno en un globo lleno de oxígeno. Se utiliza el voltámetro para descomponer el agua por electrólisis.

Se sintetiza el agua, mediante el eudiómetro, mezclando dos volúmenes de hidrógeno con dos volúmenes de oxígeno en una probeta graduada, de vidrio muy grueso, invertida sobre un recipiente que contiene mercurio. La reacción

es provocada por una chispa eléctrica.

CONCLUSIÓN

El agua está compuesta de la unión de dos volúmenes de hidrógeno con un volumen de oxígeno. Con respecto a las masas, 18 g de agua encierran 2 g de hidrógeno y 16 g de oxígeno, lo que se encuentra de acuerdo con la ley de Lavoisier; y dado que la letra H, símbolo del hidrógeno, representa un volumen de dicho cuerpo, la fórmula del agua es: H_2O .

PREDICCIÓN

El agua mantiene su composición permitiendo su aprovechamiento para mantener la salud del organismo, mediante su filtración, ebullición o esterilización. También permite su utilización entrando en composición con otras muchas sustancias.

FÍSICA

Objeto: agua y fuerzas.

Realidad: cuerpos físicos, líquidos y fuerzas de presión.

Problema: conducta de un cuerpo físico en contacto con líquidos.

EXPLICACIÓN Principio de Arquímedes

Observaciones experimentales muestran que un corcho abandonado en el agua tiende hacia la superficie. La resultante de esta presión se puede obtener mediante la repetición del experimento del doble cilindro.

- 1º Se colocan debajo del platillo de una balanza dos cilindros. El inferior debe ser macizo; y el otro, hueco. Se tapan para que haya equilibrio.
- 2º Se sumerge en un líquido el cilindro inferior, para romper el equilibrio, obteniéndose un empuje de abajo hacia arriba.
- 3º Si se llena del mismo líquido el cilindro hueco, se restablece el equilibrio. Por consiguiente, se ha neutralizado el efecto del empuje, por la suma de un peso igual al del líquido desalojado.

CONCLUSIÓN

“Todo cuerpo sumergido en un líquido en equilibrio experimenta, por parte de éste, un empuje que es:

1. Vertical.
2. Dirigido de abajo hacia arriba.
3. Aplicado en el centro de gravedad del cuerpo sumergido.
4. Igual al peso del líquido desalojado.”

PREDICCIÓN

Del teorema de Arquímedes se deduce que *cuando un cuerpo flota, su peso está equilibrado por el empuje que experimenta la parte sumergida*. Esta predicción permitió la construcción de los submarinos, buques de guerra cerrados por completo, que tienen en su parte inferior depósitos comunicables con el exterior por medio de aberturas. Al sustituir por agua el aire contenido en estos depósitos del submarino, aumenta el peso del aparato, lo cual hace que pueda navegar bajo la superficie del mar.

Para hacerlo volver a la superficie, basta con expulsar el agua por medio de bombas.

1.4 EL MÉTODO COMO INSTRUMENTO DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA

¿Existirán reglas fáciles y precisas para realizar una investigación científica? ¿Es posible concebir una técnica y un método que lleven al investigador a la realización de un invento científico?

Conviene afirmar desde ahora que no existen reglas absolutas que nos guíen, sin incurrir en error, a la plena consecución de una investigación científica. Pero esto no significa que el hombre de ciencia se oriente en su trabajo por la improvisación, que de seguro lo llevaría al caos.

El investigador debe contar, si no con algo definitivo e infalible, sí por lo menos con normas elementales que le ahorren despilfarro de esfuerzos y de tiempo.

“Los científicos que van en pos de la verdad no se comportan ni como soldados que cumplen obedientemente con las reglas de la ordenanza. .. ni como los caballeros de Mark Twain, que cabalgaban en cualquier dirección para llegar a Tierra Santa.. . No hay avenidas hechas en el campo de la ciencia; pero hay, en cambio, una brújula mediante la cual a menudo es posible estimar si se está sobre una huella promisoria. Esta brújula es el método científico, que no produce automáticamente el saber, pero que evita perdersen en el caos aparente de los fenómenos, aunque sólo sea porque nos indica cómo no plantear los problemas y cómo no sucumbir al embrujo de nuestros prejuicios predilectos.” (8)

El método científico, independientemente del objeto al que se aplique, tiene por objetivo fundamental solucionar problemas. ¿Cómo lo hace? Me basaré en las ideas de Mario Bunge sobre este asunto, para que se aclare *que el método es el instrumento de la investigación científica*.

Pondré un ejemplo para destacar los pasos que da la investigación

científica. Se podría hacer la siguiente pregunta: ¿Por qué se cae el cabello? Esta pregunta es muy común. El científico procura afinar sus cuestiones; podría preguntarse: ¿En qué razas es casi general la caída del cabello: raza negra, raza blanca, raza amarilla? Ya precisado el problema, el investigador se planteará diversas conjeturas que lo orientarán a la solución. ¿Serán causas biológicas, geográficas o sociales?

Estas conjeturas deben contrastarse con la experiencia, mediante la observación, para saber en qué medida pueden aceptarse.

Después deben reunirse datos ciertos para indagar cuál conjetura es verdadera. Se estudiaría si muchos calvos lo son por herencia; si el baño frecuente o el uso de cosméticos acelera la caída del cabello.

Se observaría si la ingestión o carencia de ciertos alimentos influye en el estado de salud del cabello. En esta etapa podrían aparecer algunas conjeturas, desaparecer otras y presentarse otras nuevas. Al dar estos pasos, seguidos acuciosamente, no vendrá necesariamente una solución definitiva y absoluta, sino que la solución del problema planteado llevará a otros problemas.

En virtud de este proceso que acabo de analizar con respecto a la caída del cabello, se pueden distinguir los siguientes pasos:

1. Planteamiento del problema.
2. Formulación de hipótesis.
3. Comprobación de hipótesis.
4. Construcción de leyes, teorías y modelos.

Estos pasos pueden convertirse en reglas concretas para dirigir la investigación, las cuales ilustro con los ejemplos subsecuentes:

a) Plantear el problema con exactitud. No conviene preguntarse cómo se desarrolla el habla en general, sino en términos precisos, qué tipo de alimentación sería mejor para el desarrollo del habla: escasa o abundante en proteínas o vitaminas.

b) Definir y fundamentar las conjeturas. No debe bastar con suponer que el desarrollo del habla se vería favorecido con un aumento de vitaminas en la alimentación. Sería preferible conjeturar que la sobredosis del 33% de X vitamina; por ejemplo, en la alimentación, durante seis meses, favorece el desarrollo del habla.

c) Contrastar estrictamente las hipótesis. No debe bastar con un solo intento, deben variarse y estudiarse en todas las condiciones positivas y negativas. Someter a distintos sujetos a altas y bajas en la dosis de vitaminas, proteínas, carbohidratos, agua, etc.

d) No tomar como absolutamente verdadera una hipótesis confirmada;

considerarla sólo como parcialmente verdadera. Una vez que se hubiera determinado que la sobredosis del 20% de vitamina en la alimentación acelera el desarrollo del habla, debe interpretarse este resultado como susceptible de alterarse con investigaciones posteriores.

e) Intentar incorporar en leyes o conocimientos más amplios los resultados obtenidos. Procurar relacionar los resultados de la sobredosis de vitaminas con aspectos hereditarios o psíquicos.

Los cuatro pasos y las cinco reglas de la investigación científica no son recetas infalibles que lleven al descubrimiento o al invento a cualquier hombre de ciencia. No son cosas de magia. Se usan para evitar errores, pero no transforman en genios a quienes las aplican.

“El método científico es un rasgo característico de la ciencia, tanto de la pura como de la aplicada; donde no hay método científico, no hay ciencia. Pero no es infalible ni autosuficiente. El método científico es falible; puede perfeccionarse mediante la estimación de los resultados a los que lleva, por medio del análisis directo. Tampoco es auto- suficiente: no puede operar en un vacío de conocimientos, sino que requiere algún conocimiento previo que pueda luego reajustarse y elaborarse; y tiene que complementarse con métodos especiales adaptados a las peculiaridades de cada tema.” (9)

El método científico, curiosamente, a diferencia de otras investigaciones, no ha llegado a fundarse y sistematizarse. Los hombres de ciencia no insisten mucho en las reglas que aplican en sus trabajos. Casi siempre proceden por el método del ensayo y el error, e incorporan luego a su labor diaria lo que les da buen resultado.

1.5 LOS ASPECTOS EMPÍRICO Y RACIONAL DEL MÉTODO

El pensamiento científico es objetivo, racional y sistemático, como ya se dijo antes. Estas cualidades están estrechamente relacionadas. Las construcciones teóricas científicas no tendrían ningún sentido si no se relacionaran con la realidad, la experiencia, lo empírico. El mundo de la experiencia sería caótico si el hombre no dispusiera de elementos racionales que lo puedan interpretar. No sólo contamos con entes matemáticos, sino con piedras o sillas que pueden contarse. El principio de Arquímedes no es una mera abstracción; de alguna manera se relaciona con lo empírico de los líquidos, los corchos y las piedras. Los conocimientos en tomo de la regeneración de un órgano humano hacen pensar en la salud y la integridad funcional de los humanos. Los cimientos teóricos de la programación tienen algo que ver con los problemas de tránsito en ciudades densamente pobladas. Nuestra existencia, rodeada de árboles, ríos, mares, sol y tierra. . . sin los

fundamentales aspectos racionales que los interpretaran, no habría salido de la Edad de Piedra.

Los aspectos racionales de la investigación científica son los siguientes:

- Leyes.
- Teorías.
- Hipótesis.
- Ecuaciones.
- Conceptos.
- Definiciones.

Los aspectos empíricos de la investigación científica pueden ilustrarse así:

- Objetos físicos.
- Objetos psíquicos.
- Cambios en los hechos de la naturaleza.
- Observaciones.
- Experimentaciones.

Por medio del ejemplo de la caída del cabello, utilizado en la sección anterior para presentar los pasos que da el método científico, *se distinguirán en el método los aspectos empírico y racional.*

ASPECTOS RACIONALES:

- La pregunta: ¿En qué razas es casi general la caída del cabello?
- La conjetura: ¿Serán causas biológicas, geográficas o sociales?
- El desarrollo lógico de las conjeturas.
- Evaluar el grado de verdad y confianza que se puede tener en las conjeturas y en las técnicas.

ASPECTOS EMPIRICOS:

- Los sujetos sometidos a estudio con respecto a la caída del cabello.
- Los fenómenos o hechos registrados con respecto al problema del cabello.
 - La experimentación requerida para las investigaciones.

1.6 **CARACTERÍSTICA DEL ASPECTO EMPÍRICO**

Se afirma a menudo que la experiencia nos proporciona muchos de nuestros conocimientos. Sabemos que la madera flota en el agua porque hemos observado esto en nuestra vida diaria. A partir del tiempo de nuestra infancia en que acercamos una mano a una llama, aprendimos que el fuego quema.

Las ciencias factuales utilizan la observación y la experimentación; las formales, aspectos racionales, deducciones.

La observación, para el pensamiento cotidiano, aparece como algo muy sencillo; casi siempre confiamos en que todo lo que miramos y tocamos es verídico. No dudamos del piso que nos sostiene ni de la claridad del día que nos permite ver lo que nos rodea. El problema surge cuando nuestros sentidos nos engañan o nos llevan a la equivocación. Cuando recorremos en automóvil una carretera recibimos la impresión de que los árboles pasan en rápida fuga ante nuestros ojos, y no caemos en la cuenta de que ello se debe a la velocidad con que camina el coche. Al entrar en una habitación oscura, un saco colocado en la silla puede parecer la espalda de un hombre; esto nos asombra negativamente las más de las veces. Ciertos movimientos de las manos, reflejados en la pared de un cuarto a media luz, pueden simular animales u objetos extraños; quedaríamos convencidos de la inexistencia de estos objetos tan solo con prender la luz de ese cuarto.

¿Sería esta observación del pensamiento cotidiano la misma que requiere el pensamiento científico?

“En cualquier caso, dado que nos preocupa cuál sea el papel de la observación para adquirir y validar el conocimiento científico, no podemos conformarnos con unas revelaciones, en último término, privadas como las que proporcionarían las cualidades sensoriales que sentimos: parece necesario exigir, en lugar de ello, que lo que deseamos decir al hablar de observación se desligue de los casos de tener experiencia sensorial inmediata...” (10)

a) La observación. Es una percepción orientada al estudio de los fenómenos tal como se nos presentan en la realidad. Un niño que juega en un parque percibe una rosa cuando ésta impresiona sus sentidos; sabe que se encuentra ante un objeto que conocemos con el nombre de rosa; se da cuenta de su color, de su aroma y de su textura. Este mismo niño o cualquier otra persona observarían esta misma rosa si no solamente constituyera para ellos un dato en cuanto a su color rojo, su agradable aroma o su textura suave, sino cuando fuera un poco más allá de lo que le aportan sus sentidos, cuando se interesara un poco más en ella confirmando o descubriendo un dato en torno de su naturaleza.

El individuo común y corriente, que no se preocupa por la existencia, percibe a diario piedras, animales, agua, rostros, etcétera, y no se inmuta demasiado. El científico percibe esas mismas realidades y procura observarlas

para tratar de desentrañar su naturaleza, sus elementos constitutivos.

No sólo percibimos y observamos lo que se nos ofrece a los sentidos, pues también percibimos y observamos lo que se da en el interior de nuestra conciencia. Son dignas de observación, en muchas ocasiones, las alteraciones que se producen en nuestra conducta por algún disgusto que hayamos tenido.

Sin embargo, la observación depende, en gran medida, de los sentidos. Es fácil descubrir que nuestros sentidos son limitados. El hombre, para contrarrestar estas desventajas sensoriales, ha creado instrumentos que lo auxilien en su observación, los cuales pueden llevar a efecto las siguientes funciones con respecto a los sentidos:

a) Aumentar.

b) Precisar.

c) Remplazar.

El telescopio y el microscopio aumentan la visión. Damos precisión a lo que vemos, como las calculadoras, los cronómetros, las balanzas de precisión, etc.; los sentidos pueden ser remplazados por las cámaras fotográficas, los sismógrafos, las máquinas para tomar radiografías, etc.

Mario Bunge reconoce en el proceso de observación cinco elementos:

1. El objeto de la observación.
2. El sujeto u observador.
3. Las circunstancias o el ambiente que rodean la observación.
4. Los medios de observación.
5. El cuerpo de conocimientos de que forma parte la observación.

Ya se han tratado algunos de estos elementos. Los objetos de observación pueden ser externos o internos al hombre. El sujeto observador se consideró dotado de sus sentidos y, por supuesto, de su curiosidad intelectual. Los medios de observación se realizaron como instrumentos que aumentan, precisan y remplazan a los cinco sentidos. El cuerpo de conocimientos y las circunstancias o ambiente que rodean la observación son temas que se examinarán más adelante, cuando haya que decir algo de la experimentación.

Quizá haga falta insistir un poco más en lo que se refiere al observador, señalando elementalmente ciertas cualidades que conviene que posea.

- Inteligencia despierta.
- Atención concentrada.
- Gran paciencia.
- Conocimientos suficientes respecto de lo observado y de su ambiente.
- Imparcialidad.

- Exactitud y precisión.

La inteligencia despierta del observador hace posible que se observe todo aquello que tenga interés científico. No todos los fenómenos se nos presentan acabados; es menester esperar atentamente a que aparezcan en la forma más completa que sea posible. Los conocimientos que se tengan respecto a lo observado y a su ambiente sirven para guiar la observación e interpretarlos con mayor objetividad. La objetividad, en este caso, resulta de la imparcialidad; los conocimientos previos no deben ser prejuicios que tergiversen lo observado. Se debe informar acerca de la observación, en forma cabal y verídica, sin alterar nada.

“Dicho brevemente: la observación científica es un modo refinado de aprehender el mundo perceptible y de poner a prueba nuestras ideas sobre el mismo: está influenciado por el conocimiento científico y, por tanto, puede ser indirecta, igual que directa, y precisa o errada; pero, como sus resultados son públicos, pueden controlarse y corregirse mediante el trabajo de un especialista calificado.” (11)

b) La experimentación. La investigación científica es demasiado activa. No puede observar sólo lo que se le presenta de manera espontánea, esperar únicamente lo que le llega; debe ir en pos de los hechos.

“La experimentación provoca el fenómeno, lo produce en las circunstancias propicias para que la observación dé todos sus frutos. Como se ve, lo esencial en ambos casos es el examen del fenómeno; el experimento no es sino el recurso para elevar la observación a su más alto grado de perfección.” (12)

Por medio de un ejemplo, creo que podrá hacerse notar la diferencia entre percepción, observación y experimento. Tomemos el caso de la afección estomacal producida en un joven por la ingestión de un guiso enlatado. Si advertimos palidez en el rostro del joven enfermo y nos fijamos en sus muestras de dolor, estaremos percibiendo. Si además de nuestras percepciones, registramos deliberadamente las alteraciones del rostro y del estómago del sujeto enfermo, consideramos los factores dados en tomo de la enfermedad del joven, estaremos observando. “Pero en ninguno de esos casos se ha practicado un experimento científico, en sentido propio: por definición, el experimento es aquella clase de experiencia científica en la cual se provoca deliberadamente algún cambio y se observa e interpreta su resultado con alguna finalidad cognoscitiva.” (13)

Practicaríamos un experimento sobre la dolencia del joven si lo sometiéramos a diversos análisis médicos, a fin de determinar si efectivamente el alimento enlatado le produjo la enfermedad, y en qué medida. Al mismo

tiempo, participarían otros sujetos a los que se les daría a comer el guiso enlatado, y se registrarían sus alteraciones.

La experimentación tiene muchas ventajas con respecto a la observación. En primer lugar, el investigador que observa está sujeto al número de fenómenos que se le presentan. En la experimentación, por ser provocada, el número de casos puede multiplicarse, repetirse todas las veces que se quiera para apreciarlos mejor. La experimentación ha hecho posible mejorar algunos alimentos, como el maíz, mediante injertos y abonos; también nos ha proporcionado muchas ventajas de la vida moderna: cine, radio, televisión, prensa, etc.

En segundo lugar, hay más claridad con respecto al fenómeno cuando se aplica la experimentación, porque se pueden separar y aislar más fácilmente las condiciones en que se produce. En nuestro ejemplo anterior, de la enfermedad causada por el alimento enlatado, el experimentar más nos hará saber con mayor facilidad si influyó el alimento básico, alguno de sus ingredientes o la lata misma.

En tercer lugar, el experimento nos sirve para alterar indefinidamente las condiciones del fenómeno, a fin de saber si varía y en qué proporción lo hace. Esto presta gran ayuda en desentrañar las causas que originan un fenómeno determinado. Newton, gracias al experimento, demostró que los cuerpos caen con la misma velocidad en el vacío, al emplear un tubo sin aire.

La experimentación debe seguir ciertas reglas, que serán estudiadas a fondo en una unidad más avanzada. Por ahora sólo las enumeramos.

1. El fenómeno de que se trate debe aislarse para estudiarlo mejor.
2. El experimento debe repetirse en las mismas circunstancias para comprobar si siempre es el mismo.
3. Las condiciones del experimento deben alterarse para investigar en qué grado modifican al fenómeno.
4. El experimento debe durar el tiempo suficiente para que se produzca el fenómeno deseado.

Queda claro que la experimentación va más allá de la observación. En realidad, no se puede realizar el experimento sin una previa observación. Ambos se complementan. Pero sí es factible que haya observación sin experimentación. Los planetas y los temblores, por ejemplo, se observan solamente; no pueden hasta ahora someterse a experimento. El astrónomo observa los fenómenos, y en muchos casos lo hace con gran exactitud.

“Tenemos, pues, que la experimentación nos pone en condiciones de investigar los fenómenos con mayor exactitud, con mayor profundidad y con mayor rapidez que la simple observación. Por eso los investigadores procuran

utilizar, en todo momento, la experimentación científica.” (14)

La observación y la experimentación se complementan como que⁴- dó asentado. Pero, ¿para qué sirve la experimentación? La experimentación no puede estar desarticulada de todo el proceso de la ciencia.

Wartofsky nos dice que la experimentación y la hipótesis (explicación provisional de ciertos hechos) son dos polos de la actividad científica. La hipótesis son los pensamientos del hombre de ciencia, y los experimentos redondean la observación. Es aquí, en este momento de la ciencia, donde es innegable el maridaje de la razón y los sentidos.

Lo observado y lo experimentado cobran sentido al ser interpretados en un marco teórico. Todo experimento es una observación controlada por hipótesis científicas.

Los experimentos cumplen una finalidad doble: someter a prueba o contrastación las hipótesis, y descubrir. Este someter a prueba significa indagar si los datos empíricos se adecúan o no a la hipótesis. El descubrir es simplemente traer a la luz propiedades que no estén suficientemente conocidas; tal sería el caso del químico que experimenta para conocer las cualidades de cierto elemento.

Hay autores, como Duhem, que piensan que el experimento pone a prueba una hipótesis y al mismo tiempo a la totalidad de la teoría en que se inscribe, dado que la ciencia es un sistema.

Una hipótesis rechazada por un experimento podría conservarse mediante ciertos reajustes en otros puntos del sistema.

La experimentación es esencial en la ciencia factual, pero en ningún momento puede suplir a la teoría. El experimento debe proyectarse e interpretarse, y esto no es posible sin un sistema de hipótesis. Los resultados del experimento sólo tienen sentido dentro de un sistema de conocimientos. En definitiva, el experimento concretiza ciertas ideas para ponerlas a prueba e insertarlas dentro de un sistema teórico, y al mismo tiempo enriquecido.

“Por eso —dice Bunge— la experiencia, y en particular el experimento, es insuficiente: es un medio para plantear problemas y contrastar las soluciones propuestas a los mismos. Una operación empírica, tanto si es una observación suelta como si es un experimento controlado, puede dar origen a un problema interesante o incluso a una conjetura de interés, siempre que tenga lugar en un cuerpo de conocimiento.” (15)

1.7 CARACTERÍSTICAS DEL ASPECTO RACIONAL DEL MÉTODO

Si pienso en un mueble, con facilidad puedo comprender que no es lo

mismo lo que acontece en mi mente que lo que es el mueble en sí, en la realidad: un objeto físico que puedo ver y tocar; que pesa, que tiene masa, volumen, etc. Lo que sucede en mi mente es de naturaleza distinta: es racional. Podría destruirse el mueble o estar demasiado lejos físicamente, y mi mente, fuera del espacio y del tiempo, lo seguiría considerando. Cuando pienso en el número 2, me encuentro en el mundo de la razón. En la realidad sensible existen parejas de objetos (manzanas, animales, llantas...), pero no podemos decir que exista el número 2. El número es abstracción de la realidad; selecciona e integra rasgos o características comunes a grupos de objetos en conceptos que maneja nuestra razón. Y aun podemos ir más lejos: los números serían abstracciones de lo sensible. Pero el concepto “número” ya no generaliza realidades sensoriales, sino que es abstracción de abstracciones: sintetiza lo común de los números.

El pensamiento científico, al igual que el pensamiento cotidiano, participa de ambos mundos: del sensible y del racional. Los distingue —como ya se dijo— el grado y la intención de sus objetivos. Ambos hacen abstracciones de la realidad, manejan palabras, conceptos y símbolos.

. En esta sección se estudiarán las *características del método* a partir de las abstracciones que resultan de las palabras, de los conceptos y de los símbolos; posteriormente entraremos en detalle. Ahora solamente nos ocuparemos de los rasgos de lo racional y del servicio que presta a la investigación científica, de acuerdo con el punto de vista de Wartofskv.

Lo racional del método se basa en el servicio que presta la abstracción mediante las palabras, sus significados y sus símbolos. En seguida se anotan las facilidades que ofrece la abstracción tratada:

- a) Es económica.
- b) Posibilita el juicio y la elección racionales.
- c) Abarca amplias relaciones temporales.
- d) Forma capacidad reflexiva.

a) Es económica. Las palabras designan objetos presentes y ausentes, y todos aquellos que comparten las mismas o parecidas características. “Hombre” es una sola palabra que designa los cinco mil o más millones de hombres que tiene la Tierra en este siglo xx. La palabra y el concepto “silla” se refieren a muchos objetos dados en el espacio y en el tiempo, y también a los que existen solamente en la imaginación, siempre y cuando sean reflejo de la realidad. El jefe de cualquier negociación ahorra no sólo pensamientos, sino también movimientos corporales, cuando piensa y pronuncia la palabra “ve” para indicar a uno tic sus empleados que se presente a cierta diligencia en algún departamento. El científico, mediante una ecuación, puede recoger todo el fruto

del pensamiento científico de una generación.

¿Cómo podrían conservarse todas las aportaciones científicas sin la economía que proporciona la abstracción lingüística y conceptual?

b) Posibilita el juicio y la elección racionales. Lo racional, aunque en ocasiones parta de lo real, puede en un momento separarse y moverse libremente. Se podría seguir teniendo la palabra y el concepto de la silla, aunque no quedara una sola que fuese de naturaleza física. Esta separación de lo real crea una configuración, esquema o modelo que puede aplicarse independientemente de la situación real que la hizo posible. Cuando una persona al pasar por algún sitio, ve escrito con grandes letras un aviso que dice *peligro*, lo que hace inmediatamente es detenerse atendiendo a la advertencia, y llevar luego a la acción su pensamiento que le invita guardarse del peligro y evitarlo. Quienes hicieron la advertencia se basaron en algunos casos reales o posibles.

“Los objetos de dicha elección deliberada ya no son imágenes perceptivas, sino juicios abstractos, y además, dichas elecciones ya no se encuentran gobernadas simplemente por el instinto o el hábito, sino que pueden venir determinadas por razones conscientes. En pocas palabras: las posibilidades del juicio racional y de la elección racional quedan ahora abiertas.” (16)

c) Abarca amplias relaciones temporales. La separación racional de lo real rale tanto para el espacio como para el tiempo. Lo pasado, lo presente y lo futuro son aprehendidos para nuestras configuraciones racionales que, con ayuda de la memoria y la imaginación, hacen posible alterar nuestro tiempo real. Yo puedo imaginar a Napoleón vestido a la usanza hippie, y reírme por lo irracional de mi ocurrencia. La ley que nos habla de la caída de los cuerpos nos relaciona con el mundo real en forma más ordenada, y no veo la posibilidad de que dentro de cien años no se cumpla esta ley.

d) Forma capacidad reflexiva. Lo racional no es sólo la utilización de palabras, conceptos y símbolos, sino también una actividad que consiste en cuestionar todo lo que se somete a su consideración. ¿Por qué ocurre esto así, y no de otra manera? ¿Por qué el plomo se sumerge en el agua, y la madera no? “Para comprender por qué ocurre así, y dar una explicación, se requiere reflexión adicional sobre los propios conceptos, reflexión que denota la presencia de inteligencia y los comienzos de la investigación científica teórica.” (17)

Wartofsky añade otras notas para caracterizar lo racional; pero creo que las transcritas son suficientes. Gracias a la capacidad de reflexión del hombre, la ciencia puede aplicar en la práctica sus aspectos empíricos y racionales.

“Pero las ideas únicamente cobran vida y eficacia cuando se convierten en

acciones prácticas. La actividad racional no es autónoma ni independiente, sino que se basa y se desenvuelve en la actividad práctica. Para que la actividad práctica sea fecunda, se requiere, desarrollar racionalmente el conocimiento; pero siempre de manera que la realidad objetiva quede reflejada en el pensamiento. . . Sin embargo, el conocimiento científico no se limita a expresar los resultados en la práctica, sino que formula previsiones sobre el futuro de la misma práctica y anticipa racionalmente sus posibilidades.” (18)

1.8 CARACTERÍSTICAS DEL RAZONAMIENTO DEDUCTIVO, DEL INDUCTIVO Y DEL ANALÓGICO

El razonamiento en general

“Los objetos pesan.”

“Una máquina de escribir es un objeto físico.”

“Luego, la máquina de escribir pesa.”

Las tres proposiciones anteriores, al relacionarse entre sí, constituyen un razonamiento. Llamamos razonamiento a un encadenamiento de juicios en el que uno de ellos es consecuencia de otro o de otros. Recuérdese que un juicio es un pensamiento en que se afirma o se niega algo de algo. Podrían relacionarse juicios sin que constituyeran necesariamente un razonamiento. Tal sería el siguiente caso: “La goma sirve para borrar, y el petróleo escasea.” Para que haya un razonamiento, es necesario que un juicio se derive de otro. El juicio derivado suele llamarse conclusión, y los juicios que le dan apoyo se reconocen como premisas.

En el razonamiento:

“Las ciudades muy pobladas tienen problemas graves de tránsito.” “El Distrito Federal es una ciudad muy poblada.”

“Luego, el Distrito Federal debe tener problemas graves de tránsito”,

las *premisas* son los juicios: “Las ciudades muy pobladas tienen graves problemas de tránsito” y “El Distrito Federal es una ciudad muy poblada”. La *conclusión* es el juicio: “Luego, el Distrito Federal debe tener problemas graves de tránsito.”

Existen diversos tipos de razonamiento. Daré a conocer *las características del razonamiento deductivo, del inductivo y del analógico*.

En el razonamiento deductivo la derivación es forzosa, de lo general a lo particular.

El razonamiento:

“Los animales son instintivos.”

“El perro es un animal.”

“Luego, el perro es instintivo”,

es *deductivo* porque la conclusión “Luego, el perro es instintivo”, es un juicio particular con respecto al que representa un conocimiento de juicio universal: “Los animales son instintivos.”

El razonamiento inductivo llega a un juicio universal, partiendo del estudio de casos particulares.

El razonamiento:

“La música es arte que gusta.”

“Pasa lo mismo con la escultura y la pintura.”

“Luego, todas las artes gustan”,

es *inductivo* porque la conclusión: “Luego, todas las artes gustan”, es un juicio universal que se ha obtenido de juicios particulares: “La música es arte que gusta” y “Pasa lo mismo con la escultura y la pintura”.

Hay, además, un tercer tipo de razonamiento importante: el *analógico*. Este va de lo particular a lo particular, y se basa en la comparación. Supone que si dos objetos son semejantes en una serie de rasgos que hemos comprobado, también deben coincidir en las características que no hemos comprobado.

El razonamiento:

“El metro francés fue construido con una técnica avanzada, y es resistente y eficiente.”

“El metro mexicano fue construido con una técnica avanzada.”

“El metro mexicano debe ser resistente y eficiente”,

es *analógico* porque examina una característica común a ambos metros, el mexicano y el francés: la técnica de construcción; y de ahí concluye la coincidencia en otros rasgos: la resistencia y la eficiencia.

La deducción

La deducción desempeña un papel muy importante en la ciencia. Mediante ella se aplican los principios descubiertos a casos particulares. El papel de la deducción en la investigación científica es doble:

a) Primero consiste en *encontrar principios desconocidos, a partir de otros conocidos*. Una ley o principio puede reducirse a otra más general que la incluya. Si un cuerpo cae, decimos que pesa porque es un caso particular de la gravitación.

b) También la deducción sirve científicamente para *descubrir*

consecuencias desconocidas, de principios conocidos. Si sabemos que la fórmula de la velocidad es $v = ejt$, podremos calcular con facilidad la velocidad que desarrolla un avión. La matemática es la ciencia deductiva por excelencia; parte de axiomas y definiciones.

Antes de entrar de lleno al tema de la deducción, es necesario revisar ligeramente “el juicio”, dado que toda deducción es enlace de juicios.

Inferencias inmediatas y mediatas. En el razonamiento deductiva se reconocen dos clases de inferencias (tomado como sinónimo de conclusión, aunque algunos autores reservan el nombre de conclusión para las inferencias complejas). La inferencia inmediata de un juicio extrae otro a partir de una sola premisa. En la inferencia mediata la conclusión se obtiene a partir de dos o más premisas.

Ejemplo de inferencia inmediata;

“Los libros son cultura.”

“En consecuencia, alguna⁰ manifestaciones culturales son libros.”

Ejemplo de inferencia mediata:

“Los ingleses son puntuales.”

“William es inglés.”

“Por tanto, William es puntual.”

Antes de cerrar el tema de la deducción, es pertinente dar un ejemplo de inferencia mediata de la lógica matemática, puesto que esta ciencia, como ya se mencionó, es deductiva por excelencia.

Consideremos la regla de inferencia llamada *modus ponendo ponens* (método de obtención de la consecuencia mediante un antecedente) .

Premisa 1: “Si Alicia gana más dinero, entonces comprará una casa grande.”

Premisa 2: “Alicia gana más dinero”

Conclusión: “Alicia comprará una casa grande.”

Usando símbolos tenemos:

Sea: p = “Alicia gana más dinero.”

q = “Alicia comprará una casa grande.”

Entonces:

Premisa 1: $p \rightarrow q$ Premisa 2: p Conclusión: q

Esta regla de inferencia permite demostrar q a partir de $p \rightarrow q$ y p . La conclusión es una consecuencia lógica de las premisas siempre y cuando los pasos que se den estén permitidos por una regla; si las premisas son verdaderas las conclusiones deben ser verdaderas.

La inducción

La inducción es el razonamiento que, partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales.

Mili, queriendo encontrar las causas de los fenómenos naturales, propuso cuatro métodos experimentales:

a) Método de concordancia. Compara entre sí varios casos en que se presenta un fenómeno natural, a la vez que señala lo que en ellos se repite, como causa del fenómeno, no pudiendo serlo las circunstancias dadas en unos casos, y en otros no.

Ejemplo:

Si una persona sufre dolor de estómago cuando come carne, y queremos saber la causa que lo ha producido, observamos varios casos en que varía la clase de carne y su proceso de preparación; pero sabemos que en todos se ha utilizado el mismo ablandador de carne, de lo cual sacamos la conclusión de que éste es la causa del dolor de estómago.

Para que se entienda mejor, conviene representar esquemáticamente estos métodos inductivos. Usaremos X , X' y X'' para indicar los diferentes casos observados; a , b , c , d , e , f y g , para las circunstancias antecedentes, y P para representar el fenómeno que estamos considerando.

Fórmula:

$X \dots a b c \dots P \quad X' \dots a d e \dots P \quad X'' \dots a f g \dots P$

Luego, a es P .

b) Método de diferencia. Es inverso al de concordancia. Se reúnen varios casos y observamos que siempre que falta una circunstancia no se produce un efecto; permaneciendo siempre todas las demás circunstancias, concluimos que lo que desaparece es la causa de lo investigado.

Ejemplo:

Si en un automóvil tenemos seis fusibles y quitamos uno, dejando en servicio los otros, y notamos que se apaga el motor, sabremos que la falta de ese fusible es la causa de que no funcione el motor.

Fórmula:

$X \dots a b c \dots P \quad X' \dots a b d \dots P \quad X'' \dots a d e \dots P$

Luego, a es P .

c) Método de las variaciones concomitantes. Si la variación de un fenómeno se acompaña de la modificación de otro fenómeno, concluimos que uno es la causa del otro.

Ejemplo:

Si una persona aumenta la cantidad que ingiere de un alimento, y de esto se sigue que aumente de peso, podemos decir que uno es la causa del otro.

Fórmula:

$$\begin{array}{l} X \dots a b e \dots P \\ X' \dots a! \dots \\ X'' \dots a b e \dots P \end{array}$$

Luego, a es P .

d) Método de los residuos. Consiste en ir eliminando de un fenómeno las circunstancias cuyas causas son ya conocidas. La circunstancia que queda como residuo se considera la causa del fenómeno.

Ejemplo:

Si un funcionario público recibe una llamada telefónica, siendo solamente tres las personas que pueden hacerlo por ser las únicas que conocen ese número telefónico. Y si dos de ellas se encuentran imposibilitadas para hacerlo, se concluye que la persona que queda, el residuo, es la que marcó el número.

Fórmula:

$$X a b c d \dots P \text{ b es b c es c d es d}$$

Luego, a es P .

Estos cuatro métodos de Mili coinciden en eliminar todo aquello que no es la causa del fenómeno de que se trate. Son de utilidad en la investigación científica, aunque no siempre son satisfactorios, dado que muchos fenómenos no tienen una, sino varias causas.

La analogía

Consiste en inferir de la semejanza de algunas características entre dos objetos, la probabilidad de que las características restantes sean también semejantes.

En la vida cotidiana utilizamos frecuentemente razonamientos analógicos. Casi todos entendemos por analogía, verbigracia, que un aparato electrónico de determinada nacionalidad debe ser de buena calidad, por el hecho de que hayamos tenido otro de la misma marca que nos dejó satisfechos. Pero puede suceder que el aparato electrónico, a pesar de todo, no tenga la calidad esperada. Los razonamientos analógicos no son siempre válidos. Sus conclusiones tienen mayor o menor grado de probabilidad.

Existen, para Copi, varios criterios mediante los cuales se puede juzgar la probabilidad de los razonamientos analógicos.

a) El número de casos que presentan semejanzas. Si no una, sino varias veces que ha fallado un automóvil de determinada marca y, además, si esto ha sucedido con alguna frecuencia el grado de probabilidad de que un nuevo carro de esa marca salga defectuoso es mayor que si se tratara de un solo caso.

b) El número de aspectos que presentan analogías. Insistiendo en el ejemplo del automóvil, podemos decir que la analogía tendrá mayores probabilidades si es de la misma marca y del mismo estilo; si fue comprado en la misma agencia, soportará el mismo trato dado al anterior.

c) La fuerza de las conclusiones con respecto a las premisas. Si un estudiante toma una medicina que le quita un dolor de estómago en 10 minutos, el razonamiento analógico de otro estudiante, en el sentido de que esa medicina también le quitaría un dolor de estómago en poco tiempo, será de gran probabilidad (acertaría en cualquier minuto cercano). Disminuirá su grado de posibilidad, si infiere que su dolor se quitaría en ocho o en doce minutos (se restringe el tiempo). Y sería aún menos la probabilidad si razonara que se le quitará también en 10 minutos, lo mismo que al otro estudiante. Este último representaría sólo una probabilidad; los dos primeros razonamientos representan mayores posibilidades.

d) El número de diferencias entre los ejemplos de las premisas y el ejemplo de conclusión. La conclusión anterior del ejemplo de los estudiantes disminuye su probabilidad si hay entre ellos gran diferencia de edad y de condiciones

orgánicas; pudiera ser que uno haya sufrido durante mucho más tiempo que el otro ese malestar, y se haya hecho menos sensible a la medicina. Esta diferencia disminuye la fuerza de la conclusión del criterio anterior.

e) Las diferencias en los ejemplos de las premisas. El razonamiento analógico tiene mayor probabilidad en tanto sean más diferentes los ejemplos de las premisas. Existe gran probabilidad en la conclusión de que un automóvil será de buena calidad debido a que otros veinte lo fueron. Pero habrá mayor fuerza aún en la probabilidad si existen muchas diferencias entre ellos, tales como la de ser de distinto modelo, de diferente año, la de haber estado sometidos a tratos distintos, y ser utilizados en muy diversos climas.

f) Las relaciones de las analogías con la conclusión. La conclusión tendrá más fuerza cuando las analogías estén más estrechamente relacionadas con la conclusión. En el caso del automóvil, la potencia, el motor y el sistema eléctrico hacen mayormente posible su buena calidad, que la marca de las llantas, el color de la vestidura o los accesorios. Si alguien razonara que su automóvil tiene que dejarlo satisfecho porque tiene el mismo color que otro carro, no podría obtener fuerza en su conclusión. Esta tendrá mayores visos de probabilidad si se basa en una sola analogía relacionada con la conclusión, a la par que con el buen funcionamiento del automóvil.

EJERCICIO 1.8

1. ¿A qué llamamos razonamiento?
2. ¿Qué nombres reciben los juicios que intervienen en el razonamiento?
3. Menciona los tres tipos básicos de razonamientos tratados; ejemplifica cada uno de ellos.
4. Sintetiza en pocas palabras el papel que la deducción juega en la ciencia.
5. ¿Cuáles son los tipos de inferencia del razonamiento deductivo?
6. Anota los métodos inductivos de Mili.
7. Explica muy brevemente en qué consiste cada uno de los métodos de Mili.
8. Anota un uso cotidiano de analogía.
9. Menciona los seis criterios anotados para decidir sobre el grado de probabilidad de los razonamientos analógicos.
10. Señala de qué método inductivo de Mili se trata en cada uno de los siguientes casos:
 - a) Si una persona se ha sobregirado en su cuenta de cheques y no lleva expedidos sino diez, y sabe que el sobregiro no está en los ocho primeros cheques porque todos juntos no alcanzan a sumar ni la mitad del total de la

cuenta y el décimo no ha sido aún cobrado, razonará que el problema de sobregiro se produjo al cobrar el noveno cheque.

b) Si un maestro baja en su rendimiento siempre que llega tarde, dando bien su clase siempre que llega puntual, podremos inferir que su retraso es la causa de su bajo rendimiento.

c) Si un deportista aumenta la frecuencia de sus baños matutinos y aumenta el número de sus resfriados al año, será fácil inferir que el cambio de un fenómeno es causa del cambio del otro.

d) Una persona acostumbra con frecuencia salir de excursión; unas veces lo hace con sus padres, otras con sus hermanos, otras más con sus amigos, y no logra entablar buenas relaciones; pues siempre va de mal humor. Quiere saber la causa; razona que no siempre le acompañan las mismas personas, salvo uno de sus amigos que es ingeniero, e infiere que éste es la causa de su malestar.

e) Si en un grupo solamente reprobaron dos alumnos, y no son ninguno de los presentes, tendrá que ser alguno de los ausentes.

f) Si todos los obreros de una fábrica que comen en un mismo restaurante se ven aquejados por una infección intestinal, y saben que les han servido diferentes platillos, a excepción de la leche, traída siempre del mismo establo, se puede inferir que ella sea la causa de la enfermedad.

a) $A B C D$ se acompañan de $a b c d$.

$B C D$ se acompañan de $b c d$.

Luego, A es la causa o, por lo menos, parte de la causa de a .

h) $A B C D$ acompañan a $a b c d$.

$A E F G$ acompañan a $a e f g$.

Luego, A es la causa de a .

i) $A B C \dots a b c$.

Sabemos que B es la causa de b .

Sabemos que C es la causa de c .

Luego, A es la causa de a .

j) “A temperatura constante, los volúmenes ocupados por una misma masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones.”

11. Anota el criterio que se sigue para juzgar cada una de las siguientes analogías:

a) La hija de un millonario se empeña en que su padre le compre un automóvil de la misma marca que el de uno de sus amigos, y razona que debe adquirirlo por el solo hecho de que, siendo del mismo color y teniendo los mismos accesorios, ha de ser de buena calidad.

b) Supongo que el reloj que compré recientemente debe ser por tu tal y durar

muchos años, dado que conozco a seis personas que se encuentran satisfechas con el funcionamiento del reloj. Una de esas es un estudiante, juega mucho y le ha dado varios golpes. Otra persona ha nadado con el reloj puesto. Una más no lo mueve mucho, es decir, los seis relojes han sido sometidos a condiciones muy diversas y, sin embargo, en todas ellas han funcionado bien.

c) Un enfermo se queja por no sentir alivio con una medicina que tomó y considera que debía quitársele el dolor por el solo hecho de que su hermano tomó esa misma medicina y sintió alivio en pocos minutos. Aunque, en realidad, no les puede hacer a los dos el mismo efecto, pues uno de ellos tomó la mitad de la dosis del otro.

d) Dos hermanas esperan impacientes a un amigo que las llevará al cine. Como no llega, después de dos horas de espera, infieren en sentido diferente. Una considera que ya no llegará su amigo, La otra está segura de que sí llegará. La primera no tiene en qué apoyar su inferencia; no conoce al amigo esperado. La segunda sabe que llegará su amigo y su razonamiento tiene muchas posibilidades de acertar, dado que sabe que en otras muchas ocasiones ha llegado tarde.

e) Si tres personas usan trajes de la misma calidad que la del traje de un amigo a quien le duró en buen estado un año exactamente, y de esto infiere: en que a ellas les durará también un año, sus inferencias tendrán distintos grados de probabilidad. Quien piense que su traje le durará alrededor de un año, habrá hecho la inferencia con mayor grado de probabilidad. Será menos probable la que suponga que su traje se mantendrá en buen estado diez o catorce meses; y el que piense que su traje durará exactamente un año, tendrá las menores probabilidades de acertar.

f) Si dos amigos asisten a menudo a un restaurante de su agrado y suponen que los platillos que comerán ahora serán tan sabrosos como los anteriormente comidos allí mismo, presentará una inferencia con mayor probabilidad quien no solamente se base en que todo lo gustado en ese restaurante haya sido sabroso, sino en que además haya sido preparado por el mismo cocinero.

1.9 EL ANÁLISIS Y LA SÍNTESIS

Todos los fenómenos que se presentan a la consideración del hombre son demasiado complejos si se les examina con detenimiento. Son simples sólo a primera vista. Si se quiere indagar las causas, se hace necesario separar en partes el fenómeno para estudiarlo de mejor manera. Pero como en esta separación pudieran cometerse errores, es imprescindible juntar de nuevo las partes del todo separado con el objeto de ver si se pueden volver a integrar de

igual forma. Si se nos encarga decidir sobre la calidad de un libro, primero tendremos que separarlo en partes para poder estudiarlo; podríamos considerar por separado el estilo literario, los aspectos temáticos y la facilidad para ser entendido. Esto nos facilitará adentrarnos más en la obra. Una vez terminado este estudio, se reunirá en un todo lo que observamos por separado, el cual será nuestro veredicto con respecto a la calidad del libro.

Este procedimiento, utilizado en cuanto al libro, se repite cotidianamente en todos los asuntos de la vida.

La investigación científica no es ajena a estos procedimientos. El método científico emplea esta descomposición y recomposición. A la descomposición se le llama *análisis*, y la recomposición se denomina *síntesis*. *El análisis es la operación intelectual que considera por separado las partes de un todo; la síntesis reúne las partes de un todo separado y las considera como unidad.*

Los conceptos de “todo” y “parte” se interrelacionan. El todo presupone las partes y las partes presuponen el todo.

Los “todos”, como composición de partes, son diversos. Existen “todos” que sólo suman partes, como un montón de naranjas; y todos unitarios, que como unidades dependen de diversos principios organizadores. Pueden estar organizados por relaciones físicas, como es el caso del átomo. Puede, en otro caso, considerarse como unidad por relaciones humanas o espirituales; tal es el caso de una pintura o un edificio, donde los elementos físicos cobran sentido sólo en función del hombre que es a la vez una de sus partes y su principio organizador.

Los “todos” pueden incorporarse en “todos” más amplios. Las células forman tejidos y éstos integran órganos. Los órganos componen aparatos y éstos componen sistemas; sistemas que son partes del “todo” llamado humano.

Queda por decir algo con respecto a la “parte”. Las partes se pueden considerar como: “partes-todos” cuando los “todos” forman “partes” de “todos” mayores; la palabra es “parte-todo” de la frase. “Partes-elementos” que son partes que no integran “todos” por carecer a su vez de “todos”; tal sería el caso de las letras con respecto a las palabras. “Partes-pedazos” son partes arbitrarias que no resultan de su estructura interna, sino del capricho de nuestra voluntad. Es lógico que un cuarto se divida en piso, paredes y techo. Es arbitrario que se divida en tabiques, cemento y varillas, que resultarían de su demolición; éstos serían “partes-pedazos”. Al análisis que consideramos, obviamente no le interesan las partes pedazos”; “partes separables” son las que se pueden considerar aisladamente, como el motor y la carrocería de un automóvil. “Partes inseparables” no se pueden tratar por separado de otro objeto; tal sería el caso del color que es inseparable de la extensión. “Partes genéticas”

consideran el tiempo y el cambio; pasan de un objeto a otro diferente. El oxígeno y el hidrógeno no son “partes” presentes en el agua, en el sentido de las otras partes examinadas. Ambos son gases y como tales no están presentes en el agua.

“El análisis y la síntesis que estudia la lógica —dicen Romero y Pucciarelli— son procedimientos intelectuales, no materiales. No se trata de poner efectivamente por separado los componentes, sino de considerarlos por separado. El análisis material, que aleja uno de otro los componentes, es sólo un auxiliar del análisis intelectual, y no coincide con él por completo, ya que en el análisis se llega de ordinario a aspectos no materiales, como veremos en seguida. Sería un grosero error concebir todo análisis sobre el modelo del análisis químico, o de cualquier otro procedimiento analítico material.” (19)

El análisis y la síntesis pueden estudiarse en dos planos: el empírico y el racional. En el plano empírico, estos procedimientos se aplican, por ejemplo, en la descomposición y recomposición del agua mineral, a partir del oxígeno, hidrógeno, calcio, azufre, litio, etc.

Con la finalidad de aclarar lo relativo al análisis y la síntesis, es conveniente precisar en qué medida intervienen en el pensamiento científico.

Todo conocimiento científico es, en realidad, la síntesis de muchos otros conocimientos anteriores. Las hipótesis recogen sintéticamente los resultados de los experimentos. Las teorías científicas representan la síntesis de todo un conjunto de conocimientos de relaciones muy generales. En toda investigación científica se utiliza frecuentemente el análisis con el fin de conocer mejor la naturaleza recóndita de los fenómenos. Pero este análisis no consiste solamente en la separación de los elementos de un todo. El análisis pretende ser dinámico, descubrir nuevas propiedades. El análisis y la síntesis se complementan, no se da el uno sin la otra. “Primero se analizan las manifestaciones inmediatas de la existencia, descubriendo sus aspectos fundamentales. Luego se sintetizan esos elementos en la reconstrucción racional de la existencia, que se formula por medio de una hipótesis explicativa. Después, cuando la hipótesis se ha convertido en teoría, se analiza la evolución de esta forma sintética sencilla, descubriendo así los elementos necesarios para practicar una síntesis superior. Y de ese modo se prosigue continuamente en el avance del conocimiento científico, que transcurre de la síntesis racional al análisis experimental, de la síntesis realizada en el experimento al empleo de la razón analizadora, del análisis del experimento al desenvolvimiento sintético del razonamiento, del análisis racional a la síntesis experimental.” (20)