

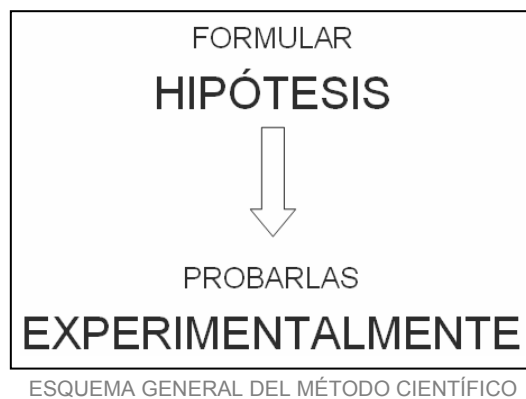
EL MÉTODO CIENTÍFICO

Antiguamente¹ se despreciaba la validez de cualquier prueba experimental para valorar hipótesis. La única demostración aceptada era la que se basaba en desarrollos teóricos.

Hacia 1590, según cuenta la historia² Galileo³ enfrentó la postura aristotélica convocando a catedráticos de universidades a presenciar una prueba experimental mediante la que él refutaría la teoría vigente hasta el momento que indicaba que los objetos pesados caían más rápido que los objetos livianos. También cuenta la historia que algunos pocos asistieron al evento. Galileo subió a la ya inclinada *Torre de Pisa* y lanzó simultáneamente algunos objetos pesados y otros livianos. Lógicamente los presentes pudieron comprobar que lo que decía Galileo era cierto: tanto los cuerpos de mucho peso como los más livianos alcanzaban el suelo más o menos al mismo tiempo⁴.

La prueba experimental es una característica esencial del método científico. Hay otros elementos importantes que permiten a la ciencia avanzar poniendo ladrillo sobre ladrillo, o sea construir sobre el conocimiento ya adquirido; en este sentido, los resultados de la aplicación del método científico deben siempre quedar correctamente documentados y ser reproducibles (verificables) por cualquier investigador interesado en el tema.

Básicamente el método científico tiene dos bloques principales⁵: *formular hipótesis y probarlas experimentalmente*.



Cualquier hipótesis intenta predecir el comportamiento de determinado sistema o modelo (si hago esto, pasa esto otro). La ciencia en sí busca entender *cómo* funcionan las cosas⁶.

¹ Desde la época de Aristóteles (siglo IV antes de Cristo) hasta fines del siglo XVI.

² Existe cierta controversia sobre la exactitud histórica de este relato.

³ *Galileo Galilei* (1564-1642) fue un eminente astrónomo, matemático, filósofo y físico italiano.

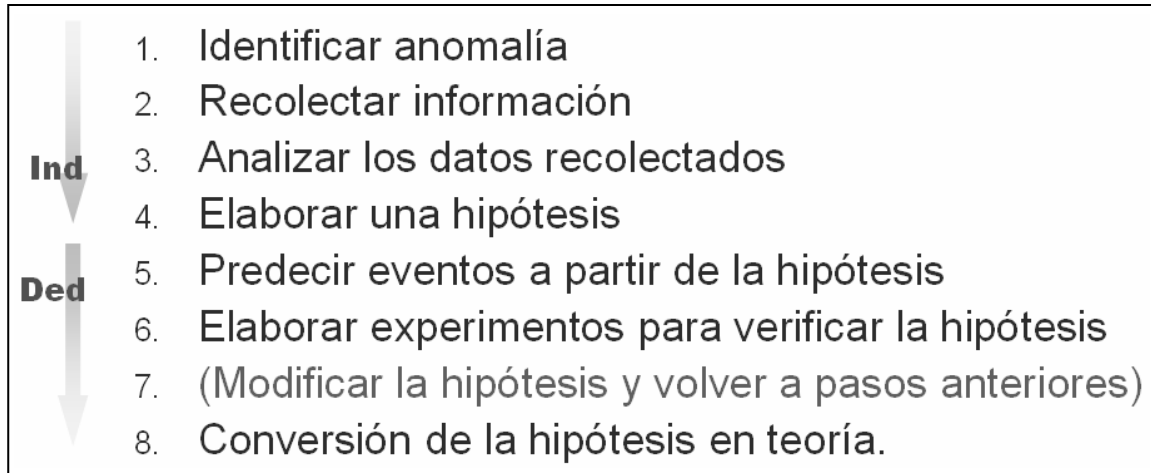
⁴ Hoy sabemos que en el vacío los cuerpos caen al mismo tiempo. En presencia de un fluido como el aire aparece una fuerza de resistencia viscosa, que básicamente es proporcional al área de impacto que presenta el cuerpo y a la velocidad, lo que provoca que los objetos aerodinámicos alcancen una velocidad límite de caída superior a los que no lo son (como un *paracaidas*, que cae despacio).

⁵ Algunos autores presentan tres bloques fundamentales, poniendo en primer lugar la "observación", que en este caso estamos incluyendo dentro de la formulación de hipótesis.

⁶ "Cómo" funcionan las cosas y no "por qué".

El método científico es un proceso inductivo-deductivo. El primer gran bloque para llegar a la hipótesis es inductivo y el segundo de la prueba experimental, deductivo.

Veamos ahora el método científico en mayor detalle:



EL MÉTODO CIENTÍFICO

El paso de *identificar la anomalía* abarca desde todas las formas posibles que puedan encender la mecha (“se me ocurrió algo”, “encontré un problema”, “esto no ocurre como esperaba”, etc.) hasta llegar a entender cabalmente la anomalía en sí.

La *recolección de información*¹ consiste por un lado en efectuar pruebas experimentales² diversas y mediciones, y por otro en revisar lo ya investigado por otras personas; esto último es necesario para no reinventar la rueda y comparar con casos similares. En el *Apéndice A* se listan las fuentes de información de mayor utilidad³.

Analizar los datos recolectados es un eslabón complementario al anterior, ya que durante la recolección de información no debe descartarse nada a priori. Corresponde entonces a esta tercer etapa la separación de lo que sirve y lo que no y el examen pormenorizado de los datos de interés.

Por último se llega a *elaborar la hipótesis* concluyendo la parte inductiva del procedimiento, en la que se fueron conectando hechos observados, ideas, datos recolectados, etc., imaginando, usando la creatividad para llegar a la expresión que especifique la nueva predicción.

Entrando ahora a lo que llamamos parte deductiva del método científico, se comienza por *predecir eventos a partir de la hipótesis*, de manera de poder probarla en la práctica. En forma general diremos que si la hipótesis H es válida, entonces cuando realice la experiencia X ocurrirá el evento E.

¹ En realidad la recolección de información es importante durante todo el proceso, pero cabe focalizarla en el segundo eslabón donde suele ser mayor.

² La experimentación se usa en esta primera etapa inductiva, aunque aún no hayamos generado la hipótesis y llegado a la parte deductiva en la que también se experimentará para hacer diversas verificaciones de la misma.

³ Este punto se analiza también en la siguiente sección “El proceso de diseño”.

Pero “decirlo” no es lo mismo que “hacerlo”. Hay pues que *elaborar experimentos* para llevar realmente a la práctica la predicción $H:X \rightarrow E$ y experimentar.

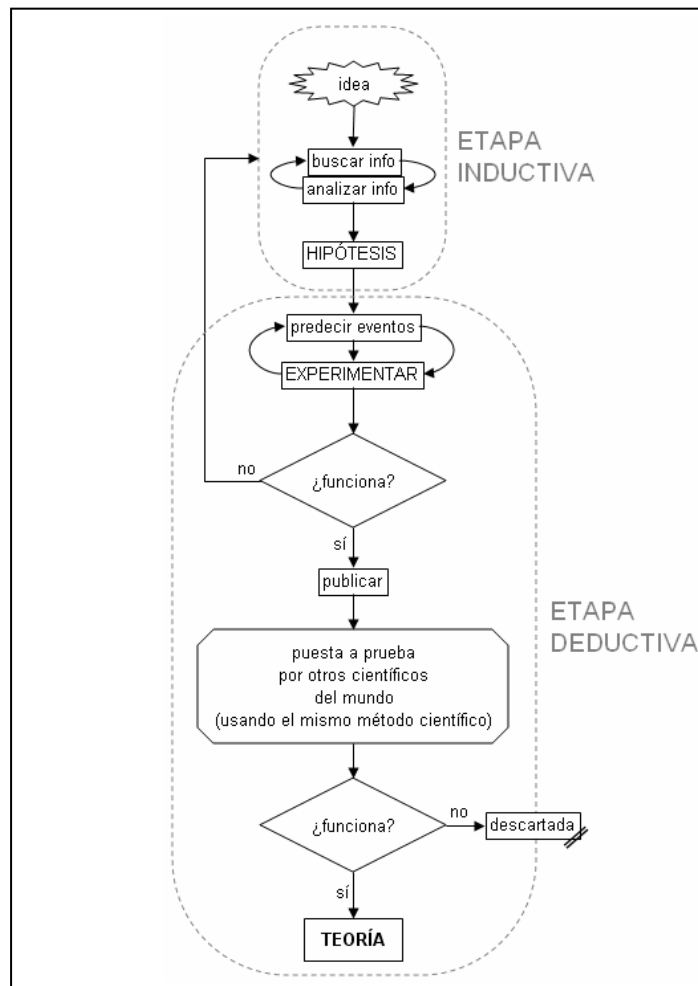
Si se obtienen resultados positivos, habrá que predecir otros eventos y armar nuevos experimentos. Cuantas más pruebas resiste una hipótesis, mayor es la posibilidad de que esté bien formulada.

Si algún experimento “no verifica”, entonces habrá que investigar por qué, volver a pasos anteriores, reformular la hipótesis y continuar el proceso (o bien descartarla definitivamente).

Si se logra una hipótesis que no es refutada por ninguna de las pruebas experimentales realizadas, es tiempo de publicarla para que otros científicos de la comunidad mundial también la pongan a prueba. En caso de conservar su validez, la hipótesis se irá *convirtiendo en teoría*.

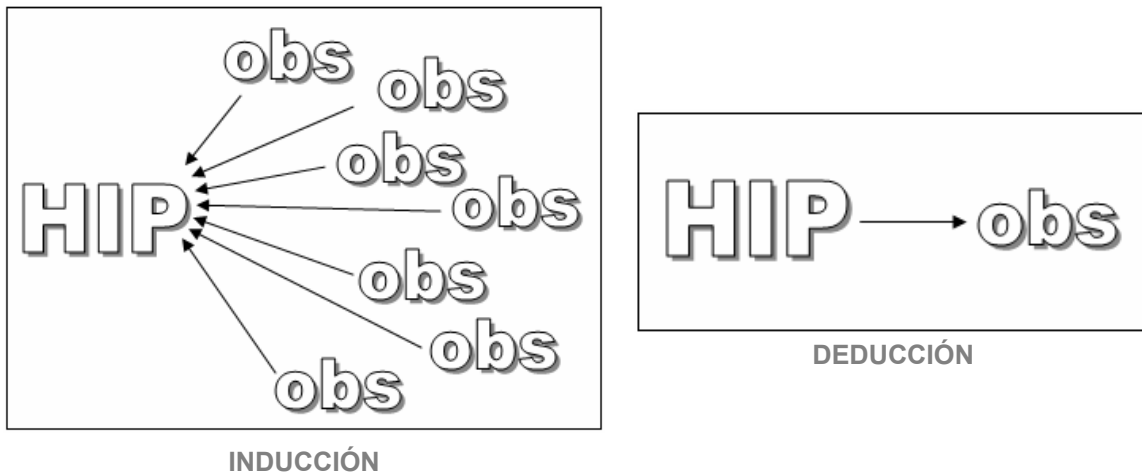
Es importante aclarar que el método científico es sumamente flexible y desestructurado. Los ocho pasos indicados no se emplean siempre en ese orden, ni son respetados a rajatabla por cada científico. Nada de eso. Hay que tener en cuenta que este método lo usan personas -no computadoras- y tiene una raíz esencialmente creativa, por lo que puede tomar diversas formas, sobre todo en cuanto a la secuencialidad de sus etapas.

Si hiciésemos un diagrama de flujo del método científico, quedaría algo así:



EL MÉTODO CIENTÍFICO

¿Queda claro entonces qué quiere decir inductivo¹ y deductivo? Inducir significa ir de lo particular a lo general; por el contrario, deducir implica ir de lo general a lo particular.



En la primera parte del método científico, normalmente tratamos de generar la hipótesis a partir de lo observado; y en la segunda, usamos la hipótesis enunciada para predecir los resultados experimentales que esperamos observar.

Por supuesto aquí suele aparecer un ida y vuelta, con correcciones de la hipótesis y nuevas observaciones

Los Ingenieros usamos la forma de trabajo del método científico en muchas ocasiones, principalmente cuando nos enfrentamos a algún tipo de investigación. Pongamos entonces un ejemplo práctico...

EJEMPLO MÉTODO CIENTÍFICO

Revolviendo un pocillo de café, notas con extrañeza que el sonido de las idas y vueltas de la cuchara se hace cada vez más agudo. Pruebas seguir revolviendo varios minutos y el sonido continúa tornándose más y más agudo.

Al principio no encuentras explicación al fenómeno. Luego se te ocurre que tal vez, por el golpeo sónico dentro de la taza, el líquido se condense paulatinamente. Con ello, empiezas a investigar los efectos de las ondas sonoras reiteradas en los líquidos confinados.

Al final, desarrollas una fórmula que relaciona la frecuencia audible con la frecuencia emitida, cantidad de repeticiones, la temperatura, la densidad original del líquido y su viscosidad, del tipo:

$$\text{frec.audible} = k \cdot \text{frec.emitida} \cdot \log(\text{repeticiones}) \cdot (\text{visc}^{\beta} \cdot \text{dens}^{\lambda} \cdot \text{temp}^{\epsilon})$$

Diseñas diversas pruebas con varios líquidos a diferentes temperaturas y diferentes emisiones sonoras, y de a poco vas ajustando los factores y exponentes de la fórmula empírica.

Una vez que notas que el error de la ecuación se mantiene muy reducido en todas las pruebas, la envías al editor de una revista científica para que publique tu ecuación. En unos meses, vas

¹ No confundir con la demostración por inducción matemática, mediante la cual se verifica la validez de un enunciado probando que se cumple para el elemento 1 , para el elemento n y para el elemento $n+1$.

recibiendo comentarios de Perú, de Estados Unidos, Australia, Egipto, España y Japón. Algunos te envían resultados de sus experimentos que indican emplear dos formulas distintas, una para fluidos en general y otra para el caso particular de los metales líquidos. Otros informes son confirmatorios.

Con el tiempo, se va consolidando una serie de cuatro ecuaciones distintas según el tipo de fluido y los rangos de frecuencia emitidas, que terminan siendo aceptados como teoría.

Las aplicaciones de la teoría van apareciendo tiempo después, a la medición de distancias en submarinos, a los televisores de plasma, a las cirugías cardiovasculares, etc.

