

Capítulo 1: La Ciencia y su método

Todas las formas vivientes captan su entorno de uno u otro modo y, en respuesta a sus percepciones, reaccionan con la tendencia a prolongar su existencia. De todos los seres vivos, el hombre es el que responde a su ambiente de un modo más complejo. Su inteligencia y su capacidad de comunicación, le permiten enfrentarse a él de manera excepcionalmente provechosa. Primero, acumula información sobre lo que lo rodea, después, organiza esta información e investiga las regularidades que en ella pueden existir, se pregunta luego el porqué de las mismas, y finalmente, transmite sus hallazgos a la siguiente generación. Visto de otra manera, el ser humano realiza paso a paso las siguientes acciones de manera inconsciente de manera cotidiana:

- acumular información por medio de observación;
- organizar esta información y agruparla siguiendo las regularidades que pueda tener
- preguntarse por qué se presentan estas regularidades;
- comunicar a otros los descubrimientos.

La ciencia (del latín scientia, “conocimiento”) utiliza diferentes métodos y técnicas para la adquisición y organización de dichos conocimientos, en forma de predicciones concretas, cuantitativas y comprobables. Como puede observarse en la secuencia anterior.

Observación y descripción

Las actividades de la ciencia comienzan con la observación y esta es fructífera cuando las condiciones que en ella influyen son más cuidadosamente controladas; esto significa que pueden ser fijadas en un valor conocido y hacerlas variar deliberadamente, si así se desea. Las condiciones de la observación se controlan mejor en un local especialmente acondicionado llamado laboratorio. Cuando las observaciones pueden someterse a un control cuidadoso, una serie controlada de observaciones recibe el nombre de experimento.

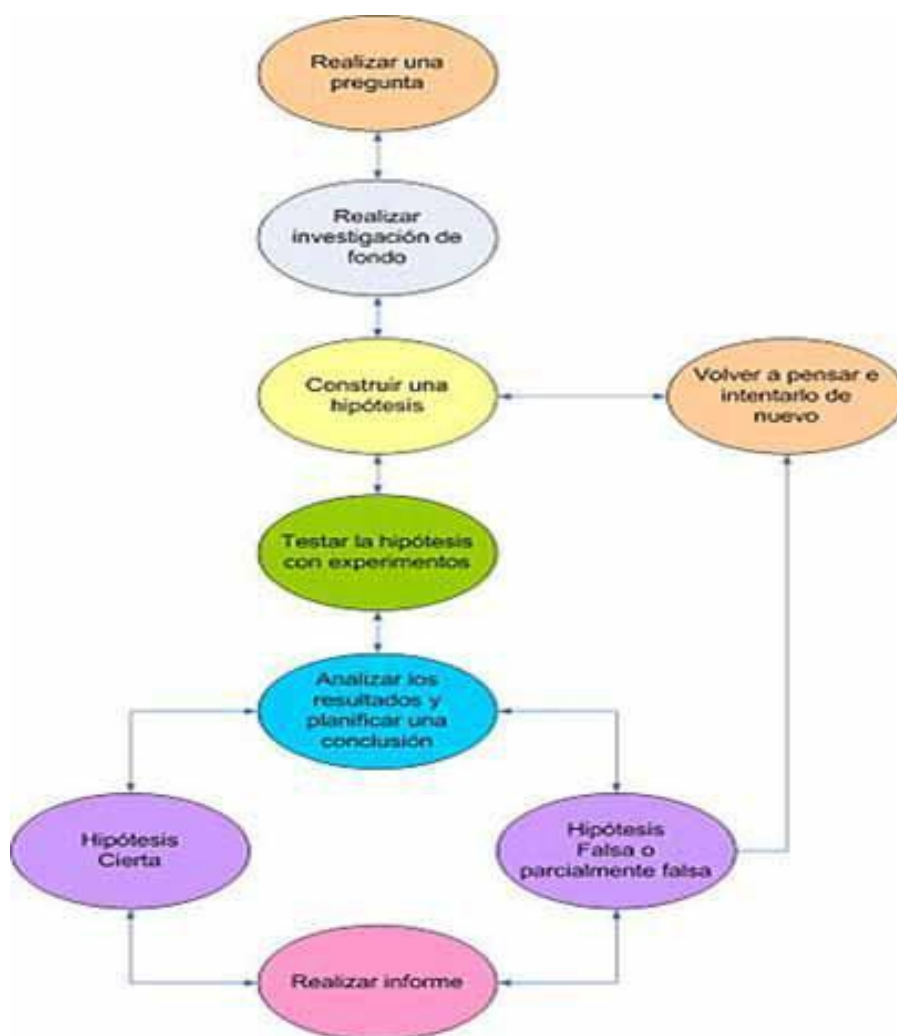
Es importante tener en cuenta la advertencia efectuada por el filósofo y teórico de la ciencia, Thomas Kuhn (1962), la “observación” que realiza el investigador nunca es neutra sino que está cargada de “teoría”.



La importancia de las condiciones radica en su influencia sobre los resultados del experimento. Pero, a menudo, las condiciones importantes no son tan fáciles de reconocer o de separar de las condiciones irrelevantes, por lo cual, el buen experimentador pone mucha atención en descubrir aquellas que deben ser mantenidas bajo control. El éxito de un experimento viene determinado, frecuentemente, por la capacidad del investigador en conseguir reproducir en el laboratorio las mismas condiciones que existen en la naturaleza.

Método Científico

El centro del estudio del universo físico estriba en la observación y generalización de los fenómenos observados según un patrón coherente, lo cual lleva a la formulación de una teoría tendiente a explicarlos. Los procesos intelectuales involucrados en este estudio se colocan tradicionalmente en un orden filosófico “ideal” al que se denomina método científico.



Modelo simplificado de las etapas del método científico

En realidad, el conocimiento científico progresa a través de la interacción continua de todas estas etapas y el avance de la tecnología en el invento de técnicas mediante las cuales observar la naturaleza. Vamos a dar algunas definiciones concretas que permitirán abordar el estudio del método científico con rigurosidad:

Definimos **Hipótesis** como una posible explicación del porqué ocurre un hecho determinado. Nos permite deducir consecuencias que habrán de presentarse en los hechos o fenómenos que se estudian, o sea, establecer predicciones. Toda hipótesis debe ser probada de manera que se establezca su validez o no.

Ley es un enunciado que correlaciona una serie de observaciones; solamente registra o resume de forma concisa los resultados de grandes números de experimentos. La ley es válida solo en los intervalos y las condiciones del mismo. Si hacemos una predicción más allá de los límites usados para definir la ley, debe considerarse una simple especulación.

Una Teoría busca una explicación detallada del “¿Por qué?” de los hechos que ocurren. Si bien se basa en generalizaciones o leyes de fenómenos observados en determinadas condiciones, su objetivo es una explicación aceptable de lo que ocurre a pequeña escala en el mismo. Una teoría no es inmutable, porque los fenómenos no lo son, sino que está sujeta a modificaciones o cambios por otras teorías que describan mejor el fenómeno.

Resumen del Método Científico

El punto de partida de toda investigación es la observación meticulosa de los hechos o fenómenos que suceden en el mundo que nos rodea. Observar es examinar atentamente con un objetivo determinado. Dicha observación nos llevara a realizar una pregunta, con respecto a por que, como y/o para que sucede el fenómeno observado. La realización de una investigación de fondo, es decir, el análisis del fenómeno con más profundidad, nos conduce a formular una hipótesis.

Toda hipótesis es una posible explicación del porqué ocurre un hecho determinado. Nos permite deducir consecuencias que habrán de presentarse en los hechos o fenómenos que se estudian, o sea, establecer predicciones. Toda hipótesis debe ser probada o testeada a través de experimentos, Luego debe verificarse si dichas predicciones son correctas, para lo cual se debe testar la hipótesis con experimentos o bien, modelos experimentales, que permitan probar la su validez o no, de lo predicho.

El experimento arroja resultados e información que deben analizarse, para luego planificar una conclusión. Si la misma demuestra que la hipótesis formulada es falsa o parcialmente falsa, es necesario proponer nuevas hipótesis y reanudar las acciones tendientes a verificar su validez. Cuando la conclusión confirma que la hipótesis es cierta y puede ser aplicada a todos los fenómenos semejantes, se está en presencia de una generalización que puede derivar en la formulación de una ley o principio.

La ley si bien muestra como en muchos fenómenos hay un comportamiento común, no explica el porqué de ese comportamiento en la naturaleza. Aun así las leyes son elementos importantes en la elaboración de las teorías. La teoría explica con una visión más profunda el cómo y por qué se produce un fenómeno. Las teorías no son definitivas, ya que los hechos no son ni rígidos ni inmutables; y pueden descartarse para formular nuevas teorías que den una explicación satisfactoria del hecho.

Actividad de aula N°1: Desarrollo del método científico

1- Realice en grupo una lectura comprensiva del siguiente texto Lectura: El niño en el bosque

Había una vez un niño que se perdió. Como hacia frio, busco materiales para encender un fuego y descubrió que unos ardían y otros no. Para evitarse el trabajo de recoger materiales inútiles, el chico anoto los objetos que ardían y los que no lo hacían. Organizo su información en la siguiente tabla:

Arderán	No arderán
Ramas de árbol	Rocas
Palos de escoba	Trozos de hierro
Lápices	Arena
Patatas de silla	Pisapapeles

La organización de la información fue al principio de buena ayuda para su búsqueda.

Sin embargo, cuando comenzaron a escasear las ramas de árbol y los palos de escoba, el muchacho trató de encontrar una regularidad que le sirviese de norma para encontrar nuevos materiales combustibles.

Mirando en la Tabla comparó la columna de objetos que ardían con la de los que no ardían; notó una aparente regularidad y pensó en una posible “generalización”. Tal vez: “Los objetos cilíndricos arden”. Éste es uno de los procesos elementales de pensamiento lógico que permiten sistematizar las informaciones. Se llama razonamiento inductivo y significa que se estructura una regla general sobre la base de un conjunto de observaciones (o de “hechos”) individuales. ¿De qué sirve el proceso inductivo? Por lo pronto, en nuestro caso, es un medio eficaz para recordar.

Al otro día, el niño continuó buscando combustibles, pero se olvidó de llevar su lista. Sin embargo, como recordaba su generalización, cuando volvió a su campamento traía una rama de árbol, una caña vieja y tres palos de béisbol. Además, estaba contento por no haberse molestado en acarrear otros objetos como un radiador de automóvil, un trozo de

cadena y una gran puerta, ya que, no siendo cilíndricos, no había razón para suponer que ardiesen.

Aparentemente, se puede objetar que esta generalización no es realmente cierta.

En realidad, la generalización establece una regularidad entre todas las observaciones disponibles y, mientras las observaciones queden limitadas a los objetos de la lista, la generalización es aplicable. Una generalización es de confiar dentro de los límites definidos por los experimentos que han servido para establecerla.

Mientras nos limitamos a los objetos de la Tabla añadiendo las cañas y los palos de béisbol, es realmente verdad que los objetos cilíndricos arden. Por haber resultado acertadas las predicciones, el niño llegó a tener confianza en su generalización y, al día siguiente, deliberadamente, dejó la lista en el campamento.

Esta vez, guiado por su regla, regresó muy cargado con tres trozos de tubo, dos botellas de cerveza y el eje de un coche viejo, habiendo despreciado una enorme caja de cartón llena de periódicos.

Durante la larga y fría noche siguiente, llegó a estas conclusiones:

1. Es posible que la forma cilíndrica de un objeto no esté íntimamente relacionada con su inflamabilidad.
2. Aunque la “regla cilíndrica” ya no resulta útil, las ramas de árbol, los palos de escoba, los lápices y otros objetos combustibles redondos de la Tabla continúan ardiendo.
3. Será mejor que lleve conmigo la lista mañana.

Pero reflexionando de nuevo sobre la lista, advirtió una nueva regularidad que, satisfaciendo a la Tabla, armonizaba con la información recientemente adquirida: “Los objetos de madera arden” ¿Cuál es la mejora que esta nueva regla reporta con relación al anterior fracaso?

En vista de ella, el chico regresó a buscar la puerta que había dejado dos días antes, pero despreció la cadena, el radiador de automóvil y el cartón lleno de periódicos. No pensemos que lo anterior es una falacia, porque es lo que constituye el proceso de construcción del conocimiento susceptible de configurarse como científico, es decir: realizamos algunas observaciones, las organizamos y buscamos las regularidades que nos auxilian para usar eficazmente nuestros conocimientos.

Las regularidades se establecen en forma de generalizaciones llamadas teorías. Una teoría se sostiene mientras significa una ayuda en la sistematización de nuestros conocimientos.

Podemos estar seguros de que algún día, cierto número de las ideas científicas actuales nos parecerán tan absurdas como la de que “los objetos cilíndricos arden”. Pero, ese día nos sentiremos orgullosos de las ideas mejores que las



han sustituido. Aunque nos parezcan poco animadores los pequeños progresos del niño — que todavía no ha descubierto que la caja de periódicos arderá—, tengamos confianza. El muchacho está en el sendero científico y sus pasos vacilantes le llevarán finalmente a los periódicos.

Está pasando por las mismas fases que nos han traído a nuestra comprensión actual de la teoría de la relatividad, al descubrimiento de la vacuna antipoliomielítica y a las naves espaciales.

Por lo tanto...

Vale aquí detenernos y observar cómo juega la narración de esta historia dentro del proceso de explicación que construye el texto. ¿Cómo pueden pensarse las relaciones entre este relato y la hipótesis que el texto intenta mostrar? Retomando lo hasta aquí expuesto podemos decir que conocemos ya, a grandes rasgos, algunas de las actividades de la ciencia. Primero fue la observación cuidadosa en condiciones controladas y luego la organización de la información y la búsqueda de regularidades en el comportamiento. Viene a continuación otra actividad que puede ser designada como “investigando el por qué”, y se origina en nuestra irresistible tendencia a saber algo más que simplemente “lo que sucede”. Pretendemos también encontrar la respuesta a la pregunta “¿Por qué sucede?”. Esta actividad es probablemente la más creadora y la más contributiva de la ciencia.

¿Cuál es el proceso? ¿Qué significa contestar a una pregunta que comienza con “¿por qué?” Hay al menos dos modos de proceder al intentar dar respuesta a estas interrogaciones. Ya hemos recorrido uno de los caminos; observar atentamente lo que estamos estudiando, anotar con cuidado lo que vemos y buscar regularidades. El segundo camino es mirar más allá del caso particular que nos ocupa y buscar un comportamiento similar en otra situación que sea más comprensible. Se estructura una explicación buscando las similitudes que relacionen el sistema’ que se está analizando con un sistema modelo estudiado anteriormente.

Se considera que la explicación es “buena” cuando:

1. el sistema modelo está bien comprendido (esto es, cuando las regularidades en el comportamiento y en el sistema modelo han sido estudiadas a fondo).
2. la relación entre ambos es íntima (es decir, cuando existe estrecha semejanza entre el sistema estudiado y el sistema modelo).

Ahora podemos comprender que la respuesta a la pregunta ¿por qué? Es simplemente una forma más complicada de investigar regularidades. En el descubrimiento de semejanzas ocultas, se encuentra una recompensa especial. El investigador puede trasladar al sistema en estudio toda la experiencia y los conocimientos acumulados sobre el sistema que le es bien conocido.

Algunos autores (epistemólogos), que estudian y reflexionan sobre temas relacionados con el conocimiento científico y el carácter temporario de dichos

conocimientos, explican el “cambio científico” a partir de la metáfora de los anteojos: si se piensa una teoría como un antejo a través del cual se mira aquello sujeto a observación, el cambio de anteojos influye en la observación misma.

La observación, inevitablemente, incita a formular preguntas y una de las que primero surgen es, ¿qué regularidades se nos presentan? El descubrimiento de regularidades permite la simplificación de las observaciones. En lugar de tener observaciones separadas éstas pueden ser clasificadas agrupando varias de ellas, lo cual permite emplearlas de una manera más efectiva. Debemos estar advertidos, al buscar regularidades, de las trampas que se presentan, pues la investigación es sinuosa y toma, frecuentemente, caminos erróneos.

En la exploración de lo desconocido no todos los pasos significan adelantos, pero no hay otro modo de avanzar más que a pasos.

**2- Una vez terminada la lectura complete las siguientes actividades en grupo.
Posteriormente discuta los resultados con el profesor.**

a- En un experimento sobre el crecimiento de una planta en una maceta, usted fue designado/a para determinar en qué condiciones debe realizarse el experimento:

Escriba cuatro condiciones de experimentación adecuadas para que poder realizar la investigación:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b- Una persona quiere realizar observaciones sobre el desove de cierta especie de trucha en uno de los arroyos de la cordillera mendocina. Para obtener la mayor precisión en las mediciones busca determinar condiciones de experimentación para controlar la influencia de factores externos. ¿Es posible esto último en la investigación que se plantea? ¿Por qué?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Actividad Método Científico

Los papers son artículos científicos publicados en revistas internacionales especializadas, revisados y aprobados por jurados expertos en la temática en todo el mundo, por lo que gozan de gran validación, y son una de las principales formas de comunicación en ciencia.

A continuación se presentan 4 papers, con una breve descripción de las observaciones y las posturas que tomaron sus autores. En grupos, trabaje con uno de los papers y para poder responder la pregunta principal, imagine una *hipótesis*, un *experimento* para llevar a cabo, las dos *condiciones* más importantes a controlar, y los *resultados esperados* (que confirmarían su hipótesis)

1) Plantas sociales (Inteligencia colectiva en raíces de plantas)



Volume 25, Issue 12, December 2010, Pages 682-683

Swarm intelligence in plant roots

František Baluška¹, Simcha Lev-Yadun²

Observación: Cuando una planta está siendo atacada por un patógeno, las vecinas empiezan a activar mecanismos de defensa.

Pregunta principal: ¿puede una planta avisarle a otras sobre peligro inminente?

Preguntas orientadoras:

- ¿Pueden las plantas comunicarse entre ellas? ¿Cómo?
- ¿Pueden desarrollar inteligencia? ¿Cómo define inteligencia?
- ¿Pueden tener comportamientos sociales? ¿Pueden protegerse entre ellas? ¿Pueden pensar?

2) E-cigarettes (Narguiles y cigarrillos electrónicos: Impacto de las técnicas de fumado alternativo sobre la calidad de aire de interiores y la salud)



Waterpipes and e-cigarettes: Impact of alternative smoking techniques on indoor air quality and health

Hermann Fromme*, Wolfgang Schober

Observación: Los cigarrillos electrónicos tienen nicotina y algunos productos comunes con los cigarrillos tradicionales.

Pregunta principal: ¿representan ambos tipos de cigarrillos los mismos problemas sobre la salud?

Preguntas orientadoras:

- ¿Qué enfermedades ocasionan los cigarrillos? ¿Sobre qué sistemas del cuerpo humano actúan?
- ¿Influye la frecuencia de fumar en las patologías desarrolladas para ambos casos? ¿Pueden diferir los efectos a corto y a largo plazo?
- ¿Son diferentes los efectos sobre fumadores pasivos? ¿Importan los compuestos que se generan durante el fumado?

3) Aguas pensantes (Estudio doble-ciego sobre los efectos de la intención distante sobre la formación de cristales de agua)

EXPLORE: The Journal of Science and
Healing
Volume 2, Issue 5, September 2006, Pages 408-411

DOUBLE-BLIND TEST OF THE EFFECTS OF DISTANT INTENTION ON WATER
CRYSTAL FORMATION
Dean Radin, PhD,^{1*} Gail Hayssen,¹ Masaru Emoto, BA,² and Takashige Kizu, BA²

Observación: El agua cristaliza (pasa del estado líquido al sólido) en diferentes formas, cuando la gente que la rodea tiene distintos pensamientos.

Pregunta principal: ¿puede ser que la cristalización del agua dependa de si se está en un ambiente con “buenas ondas” o “malas ondas”?

Preguntas orientadoras:

- ¿Pueden nuestros pensamientos afectar el comportamiento del agua?
- ¿Puede el agua de alguna manera “captar” el ambiente? ¿Si es un ambiente hostil o un ambiente pacífico?

4) El efecto “sana-sana” (Mecanismos del dolor: una nueva teoría)

PAIN MECHANISMS: A NEW THEORY

R. MELZACK AND P. D. WALL

*Department of Psychology, McGill University and Department of Biology,
Massachusetts Institute of Technology, Montreal, Canada
and Boston, Massachusetts*

Science, 150: 971-979, November 19, 1965

Observación: En niños muy pequeños, en los cuales es difícil evaluar la dimensión psicológica, se observa que dejan de llorar cuando la madre acaricia una zona dolorida.

Pregunta principal: ¿pueden las caricias disminuir el dolor, por algún mecanismo biológico no psicológico?

Preguntas orientadoras:

- ¿Qué es el dolor? ¿Podemos medir el dolor? ¿Cómo llega la información del dolor al cerebro, y cómo se interpreta?
- ¿Existe algún mecanismo que justifique la validez del “sana-sana”? ¿Puede el “sana-sana” disminuir el dolor? ¿Está necesariamente involucrada la dimensión psicológica de las personas?