

ACERCA DE LA CIENCIA

Paul G. Hewitt es un físico norteamericano autor de libros sobre enseñanza de la física y ganador del premio American Education Film Festival de 1977 y el Millikan Award de la American Association of Physics Teachers en 1982. Su libro 'Conceptual Physics' para nivel pre-universitario ha sido editado 10 veces. Actualmente colabora de forma regular con The Physics Teacher.¹

Resumen

1. La **Ciencia** es el estudio de las leyes naturales o de la realidad. Es un modo de pensar así como un cuerpo de conocimientos.
2. La **Física** es la más básica de todas las ciencias.
3. El uso de la Matemática ayuda a formular las ideas de la ciencia de forma no ambigua.
4. El Método Científico es un procedimiento para responder preguntas sobre el mundo mediante la prueba o contraste con la realidad de conjeturas inteligentes (hipótesis) y la formulación de reglas generales.
5. En ciencia, las hipótesis deben ser comprobables o verificables, pero sobre todo, refutables. Se abandonan o se modifican si entran en contradicción con la evidencia experimental.
6. Una Teoría Científica es un cuerpo de conocimiento e hipótesis bien comprobadas sobre algún aspecto de la realidad.
7. Las teorías se modifican según se van obteniendo nuevas evidencias.
8. La ciencia trata con el conocimiento en sí, su objetivo es la obtención del mismo. La Tecnología trata más bien con los problemas prácticos, es decir, con la aplicación del conocimiento científico en la solución de problemas.

Las raíces de la ciencia se remontan muy atrás, incluso en la prehistoria, en la medida en que los humanos descubrieron regularidades y relaciones en la naturaleza. Una regularidad fue la aparición de patrones de estrellas en el cielo de la noche; otros fueron los patrones del clima durante el año – cuándo comenzaba la estación lluviosa o los días se hacían más largos. La gente aprendió a hacer predicciones basadas en estas regularidades y a establecer relaciones entre cosas y fenómenos que a primera vista no parecían estar conectados. Muchas cosas fueron aprendidas en aquellos tiempos sobre cómo funcionaba la naturaleza que forman parte hoy del cuerpo de conocimiento científico, el cual no para de crecer todo el tiempo. La mayor parte de la ciencia, sin embargo, está en los métodos usados para producir ese conocimiento. La ciencia es tanto un modo de pensar como un cuerpo de

¹ Tomado de *Conceptual Physics, 3rd Edition. Ch.1, pp. 1-7. Ed. Addison Wesley Publishing Company, New York. 1997.*

conocimientos.

La ciencia básica: La Física

La ciencia es el equivalente actual de lo que una vez fue llamado **Filosofía natural**. La Filosofía natural era la indagación y el estudio de fenómenos y situaciones de la naturaleza que generaban preguntas cuyas respuestas no se conocían. Según se iban encontrando respuestas, estas se iban incorporando a lo que hoy se llama conocimiento científico.

Hoy, el estudio de la ciencia está ramificado en el estudio de los objetos o sistemas vivos y de los sistemas u objetos no vivos o inanimados, esto es, las ciencias de la vida y las ciencias físicas (lo que incluye la química). Las ciencias de la vida a su vez se ramifican en áreas tales como la zoología, la botánica, la microbiología y otras. Por su lado, las ciencias físicas se dividen también en ramas tales como la geología, la astronomía, la química y la física.

Pero la física es más que una rama de las ciencias físicas: es la más básica de todas las ciencias. Trata sobre la naturaleza de cosas tan esencialmente básicas como el movimiento, las fuerzas, la energía, la sustancia, el calor, el sonido, la luz, la composición del átomo, el espacio y el tiempo. La química, por su lado trata acerca de cómo la sustancia se combina para formar nuevas sustancias: cómo se combinan los átomos para formar moléculas y como se combinan las moléculas para formar muchos tipos de sustancia más compleja alrededor y dentro de nosotros. La biología es aún más compleja ya que implica sustancia que tiene la propiedad de estar viva. De modo que la física sustenta a la química y ambas a su vez, sustentan a la biología. Las ideas de la física son pues fundamentales para esas otras ciencias que tratan sistemas más complejos. Es por esto que la física es la más básica de todas las ciencias naturales las cuales pueden ser comprendidas mucho mejor si se comprende primero la física.

Matemáticas, el lenguaje de las ciencias.

Las ciencias se transformaron en el siglo XVII cuando se comprendió que la naturaleza podía ser analizada y descrita matemáticamente. Cuando las ideas de la ciencia son expresadas en términos matemáticos dejan de ser ambiguas, pierden la vaguedad que tan frecuentemente generan confusión en las discusiones realizadas en el lenguaje común. Cuando los hallazgos de las ciencias son expresados mediante modelos matemáticos (fórmulas y ecuaciones) es más fácil verificarlos o refutarlos mediante experimentos. Los métodos de la matemática y de la experimentación han sido los que han hecho posible el enorme éxito de las ciencias.

El método científico

El físico y matemático italiano Galileo Galilei (1564 – 1642), el filósofo inglés Francis Bacon (1561 – 1626) y el filósofo francés René Descartes (1596-1650) son usualmente acreditados como principales fundadores del **Método científico** –un método que es extremadamente efectivo en obtener, organizar y aplicar el nuevo conocimiento. Este método es esencialmente como sigue:

1. Identificación de un problema.
2. Se hace una conjetura educada² (una hipótesis) acerca de la respuesta.
3. Se hacen predicciones sobre las consecuencias de la hipótesis.
4. Se realizan experimentos para comprobar esas predicciones.

² Educated guess: conjetura hecha con cierta base.

5. Se formula una regla general lo más simple posible que organice consistentemente los tres ingredientes principales: hipótesis, predicción y resultado experimental.

Aunque este método del tipo receta de cocina tiene un cierto atractivo, no es una llave universal para hacer descubrimientos y avances en ciencia. Pruebas y errores, experimentación sin conjeturas o simples descubrimientos accidentales conducen a muchos de los progresos de la ciencia. El éxito de la ciencia tiene más que ver con una cierta actitud común a todos los científicos que con un método particular; esta es una actitud de interrogación, experimentación y humildad ante los hechos.

La actitud científica

En ciencia, **un hecho** es un acuerdo cabal entre observadores competente que hacen una serie de observaciones sobre el mismo fenómeno. Una hipótesis, por otra parte, es una conjetura educada o suposición de la que sólo se puede decir que es un hecho cuando está debidamente demostrada por el experimento. Cuando las hipótesis son sometidas a prueba una y otra vez sin contradicción se conocen como **leyes o principios**.

Si un científico encuentra evidencia que contradice una hipótesis, ley o principio, entonces, en consonancia con el espíritu científico, la hipótesis, ley o principio debe ser cambiado o abandonado (a menos que se demuestre a su vez que la evidencia contradictoria o refutadora está mal, lo cual sucede algunas veces). Un científico debe estar preparado siempre para cambiar o abandonar una idea aunque le sea muy querida. Veamos un ejemplo: El respetado gran filósofo griego Aristóteles (384 – 322 AC) afirmaba que un objeto con el doble de peso que otro cae dos veces más rápido. Esta falsa idea fue mantenida como verdadera durante casi 2000 años debido a la enorme influencia de la autoridad de Aristóteles en el espíritu científico, sin embargo, un solo experimento verificable que mostró lo contrario, acabó con esa falsa idea y arrasó con cualquier autoridad que afirmaba lo contrario, independientemente de su reputación o del número de seguidores o abogados de la vieja idea. En las ciencias modernas cualquier argumento basado en una invocación a la autoridad es de poco valor.

Los científicos deben aceptar sus hallazgos aún cuando a ellos podría gustarles que hubieran sido diferentes. Deben esforzarse por distinguir entre lo que ven y lo que desean ver. Los científicos, al igual que el resto de los humanos, tienen una vasta capacidad para engañarse a sí mismos³. Las personas siempre han tendido a adoptar reglas generales, creencias, credos, ideas e hipótesis sin cuestionamiento cuidadoso de su validez y a mantenerlos durante largo tiempo después de que se ha demostrado que son falsos o al menos cuestionables. Las suposiciones más ampliamente aceptadas son frecuentemente las menos cuestionadas. Lo más frecuente es que, cuando una idea ha sido aceptada, se le presta particular atención a los casos que parecen apoyarla, mientras que los casos que parecen refutarla, son distorsionados, empequeñecidos o ignorados.

Los científicos usa la palabra “*teoría*” de forma diferente a como es usada en el lenguaje diario. En éste una teoría vendría a ser lo mismo que lo que en ciencia se llama hipótesis, una suposición que no ha sido verificada. Por otra parte, una “*teoría científica*” es una síntesis de un gran cuerpo de información que contiene hipótesis bien examinadas y verificadas que versan sobre un cierto aspecto del mundo natural o real. Por ejemplo, los físicos hablan de la teoría atómica, los biólogos de la teoría celular, etc.⁴.

Las teorías de la ciencia no son fijas, sino que más bien sufren cambios. Las teorías científicas

³ En nuestra educación no es suficiente estar conscientes de que otras personas pueden tratar de engañarnos, sino principalmente, estar conscientes de nuestra propia tendencia a engañarnos a nosotros mismos.

⁴ Las teorías científicas descansan sobre hechos científicos. Los hechos son datos revisables sobre el mundo. Las teorías interpretan los hechos, es decir, los datos.

evolucionan según transitan a través de etapas de redefinición y refinamiento. Así ha ocurrido, a medida que se ha obtenido nueva evidencia, tanto con la teoría del átomo de la física como con la teoría celular de la biología.

La posibilidad de refinamiento de las teorías no es una debilidad de la ciencia sino una fortaleza. Muchas personas piensan o sienten que cambiar de idea es un signo de debilidad, pero los científicos competentes deben ser expertos en cambiar de idea, sin embargo, ellos sólo cambian de idea cuando son confrontados con evidencia experimental sólida en contra o cuando una hipótesis conceptualmente más simple los obliga a adoptar un nuevo punto de vista. Más importante que defender una creencia es mejorarla o perfeccionarla. Las mejores hipótesis son hechas por aquellos que son honestos ante los hechos.

La actitud científica incluye una búsqueda de orden, de regularidades y de relaciones legítimas entre los eventos de la realidad. Esto hace posible la predicción. Mejor comprensión de la realidad implica un mejor control de nuestros destinos.

Las hipótesis científicas deben ser comprobables, pero más aún, deben ser refutables

Antes de que una hipótesis pueda ser clasificada como científica, debe vincularse a una comprensión general de la realidad y amoldarse a una regla cardinal. La regla es que la hipótesis debe ser comprobable o, como se dice con frecuencia, contrastable. Es incluso más importante que exista una manera de probar que esté mal o equivocada, que probar que es correcta. A primera vista esto puede parecer extraño, pues usualmente nos preocupamos por verificar que algo es cierto, pero las hipótesis científicas son diferentes. En efecto, si usted desea determinar si una hipótesis es científica o no, busque si existe una manera de probar que es incorrecta, falsa. Si no existe la posibilidad de probar que la hipótesis no es correcta, entonces NO es una hipótesis científica. Albert Einstein lo estableció muy bien cuando dijo: *“Ninguna cantidad de experimentos puede probar que yo estoy en lo cierto; pero un solo experimento puede demostrar que estoy equivocado”*.

Considere la hipótesis: “El alineamiento de los planetas en el cielo determina el mejor momento para tomar decisiones”. Mucha gente lo cree así, pero esta no es una hipótesis científica: no se puede probar que es cierta ni se puede probar que es falsa. No es más que especulación. Análogamente, la hipótesis “Existe vida inteligente en otros planetas en algún lugar en el universo” no es científica. Aunque puede ser probado que es correcta mediante la verificación de un solo ejemplo de vida inteligente que exista en cualquier lugar en el universo, no hay manera de probar que es incorrecta si no se encuentra alguna vez. Si buscamos lo más lejos que podamos alcanzar durante “eones” y no se encuentra vida, eso no significa que no exista, pues podría ser que la encontrásemos “a la vuelta de la próxima esquina”. La hipótesis “la mayoría de los conductores se detiene delante de la luz roja” está también fuera de la ciencia aunque por una razón diferente; aunque puede ser examinada fácilmente y demostrarse que es cierta o falsa, la hipótesis no se eslabona con una comprensión general de la realidad y, por tanto, no ajusta dentro de la estructura de la ciencia.

He aquí una hipótesis que si es científica: “ningún objeto material puede moverse más rápido que la luz”. Aún apoyada por miles de experimentos, un solo experimento podría probar que es falsa (hasta ahora creemos que es correcta). Una hipótesis que no tiene manera de que se pruebe su posible falsedad reside fuera del dominio de la ciencia.

Ciencia, tecnología y sociedad

La ciencia y la tecnología son diferentes. La ciencia responde preguntas teóricas; la tecnología resuelve problemas prácticos. La ciencia tiene que ver con descubrir hechos y relaciones entre fenómenos observables en la naturaleza o cualquier otro sector de la realidad y con la elaboración de teo-

rías que organicen y le den sentido a esos hechos y relaciones. La tecnología tiene que ver con herramientas, técnicas y procedimientos para poner los hallazgos de la ciencia en uso⁵.

Tanto la ciencia como la tecnología son empresas humanas, pero diferentes. Al decidir en cual problema trabajan, los científicos se guían por su propio interés, pero también por el deseo de ayudar a otras personas o de servir a su país, su sociedad e incluso, a la humanidad en su conjunto. Lo más frecuente es que los científicos sigan a su propia curiosidad, la simple urgencia de conocer. Persiguen conocimiento y usualmente lo hacen a tal grado que se liberan de creencias a priori, de lo que está de moda o actualidad y de los juicios de valores comúnmente aceptados. Lo que los científicos descubren puede molestar o enojar a algunas personas, tal como lo hizo la Teoría de la evolución de Darwin. Pero la ciencia, en sí misma no irrumpe en la vida de las personas directamente, lo cual si hace la tecnología. Sin embargo, una vez que se ha realizado un descubrimiento científico difícilmente puede ser ignorado. Los tecnólogos, específicamente, parten de ellos para diseñar, crear o construir algo para el uso y disfrute de los humanos, frecuentemente para el mejoramiento de la vida humana. No obstante, suele ocurrir que alguna tecnología puede tener efectos laterales adversos o crear otros problemas que deberán ser resueltos. Aunque la tecnología se deriva de la ciencia, está debe ser juzgada respecto a cómo afecta a la vida humana.

Todos estamos familiarizados con el abuso de la tecnología. Mucha gente culpa a la tecnología por el aumento y la dispersión de la contaminación, el agotamiento de los recursos e, incluso, por la decadencia social. Estas culpas depositadas sobre la tecnología frecuentemente oscurecen sus promesas de un mundo más limpio y saludable. Pero es mucho más sabio combatir los peligros de la tecnología con conocimiento que con ignorancia. Sólo aplicando la ciencia y la tecnología con sabiduría podemos avanzar hacia un mundo mejor.

Hoy, la ciencia y la tecnología llenan una parte mayor de nuestra vida diaria que nunca antes. Los humanos tenemos ahora mucho más poder que antes sobre los delicados balances y equilibrios de la naturaleza. Junto a ese poder, adquirimos la responsabilidad de mantener esos equilibrios y, para hacer eso, debemos comprender las reglas básicas de la naturaleza y la realidad. Los ciudadanos deben ser informados acerca de cómo funciona el mundo para que puedan tratar con asuntos como las lluvias ácidas, el cambio climático y los desechos tóxicos y nucleares. Pensar de modo científico se convierte en algo vital para la sociedad según nuevos hechos son descubiertos y se hacen necesarias nuevas ideas para el cuidado y preservación del planeta.

Ciencia, arte y religión

La búsqueda de orden y sentido en el mundo toma formas diferentes, una de ellas es la ciencia; otras, más antiguas incluso, son la religión y el arte. Aunque las raíces de las tres se remontan a miles de años atrás, la tradición científica es relativamente reciente. Pero lo más importante es que los dominios de la ciencia, la religión y el arte son diferentes, sin dejar por eso de tener superposiciones. La ciencia se preocupa y ocupa principalmente con el estudio, descubrimiento y registro de fenómenos naturales o de otros campos de la realidad. Las artes tienen que ver con el valor de las interacciones humanas y la religión se ocupa de las fuentes, propósitos y significados de todas las cosas.

Los valores principales de las ciencias y las artes son comparables. La literatura describe la experiencia humana y nos permite aprender, por ejemplo, sobre las emociones, incluso si aún no las hemos experimentado. Las artes no necesariamente nos dan esas experiencias, pero nos las describen y nos sugieren lo que podría estar almacenado en la profundidad de nuestro ser. Similarmente, la ciencia nos dice lo qué puede ocurrir en la realidad, nos ayuda así, por ejemplo, a predecir lo que es posible en la naturaleza, incluso antes de que esa posibilidad se haya experimentado. Nos provee

⁵ La ciencia trata sobre conocer, la tecnología sobre hacer.

con un modo de conectar las cosas, de ver las relaciones entre ellas y de comprender la multitud de eventos que nos rodean. La ciencia aumenta y mejora nuestra perspectiva de la naturaleza. Una persona verdaderamente educada deberá estar informada en ambas: las ciencias y las artes.

La ciencia y la religión son diferentes. El dominio de la ciencia es el orden natural. El de la religión es el propósito de la naturaleza: La fe y la práctica religiosa involucran usualmente fe y devoción a un Ser Supremo y en la creación de todo lo que existe, incluso la comunidad humana. En este sentido la ciencia y la religión son tan diferentes como manzanas y naranjas y, como estas, no se contradicen la una a la otra sino que más bien se complementan.⁶

En el estudio de la naturaleza de la luz, casi siempre se trata a la luz primero como un fenómeno ondulatorio, una onda, y después como una partícula. Para las personas que sólo saben un poco de física, las ondas y las partículas son entes contradictorios entre sí, por tanto, la luz sólo podría ser uno de los dos y tendríamos que escoger entre cual representación es la verdadera, pero para el físico bien preparado, la dualidad onda-partícula de la luz muestra que ambas representaciones son complementarias y proveen una comprensión más profunda de la naturaleza de la luz y de la naturaleza. Similarmente, las personas que están desinformadas o mal informadas sobre la naturaleza más profunda de la ciencia y la religión sienten que deben escoger entre ellas. En cambio, si se comprende bien la esencia de la ciencia y la religión se puede abrazar a ambas sin contradicciones⁷. (*Sin embargo, filósofos como Mario Bunge han encontrado contradicciones insalvables ante las ideas de conciliar el materialismo innato de la ciencia con el idealismo inherente a la religión. En referencia al tema, Bunge ha escrito: "...dígame qué filosofía es la que Ud. usa (no la que profesa) y le diré lo que vale su ciencia. Y dígame qué ciencia es la que usa (no con la que dice estar de acuerdo) y le diré lo que vale su filosofía".*) N. del E.⁸

Preguntas

1. ¿Por qué es la Física la más básica de las ciencias?
2. ¿Por qué la Matemática es importante en las ciencias?
3. ¿Qué es el Método científico?
4. ¿Es el hecho científico algo absoluto e invariable? Explique.
5. Las Teorías científicas sufren cambios. ¿Esto es una debilidad o una fortaleza de la ciencia? Explique.
6. ¿Cuál es el sentido de la afirmación de que si una hipótesis es científica, entonces debe existir la posibilidad de que sea falsa, es decir, de que sea refutable?
7. ¿En que difieren la ciencia y la tecnología?
8. ¿En que son similares las artes y las ciencias?
9. ¿En qué difieren la ciencia y la religión?
10. ¿Por qué los ciudadanos tiene la responsabilidad de alcanzar una comprensión básica de las leyes de la naturaleza?

⁶ La ciencia se ocupa del orden cósmico; la religión del propósito del cosmos.

⁷ Louis Pasteur solía decir: "Poca ciencia aparta de Dios; mucha ciencia nos acerca a Dios".

⁸ "The Philosophy behind Pseudoscience," *Skeptical Inquirer*, Julio/Agosto, 2006.