



## Acerca de la ciencia



La nave espacial Tierra en el espacio exterior.

¿Cómo sería la vida en el espacio exterior? De momento podríamos pensar que esta pregunta es para los astronautas, en particular para quienes han tenido la experiencia de una caminata espacial. Sin embargo, si lo pensamos bien, nos damos cuenta de que esta pregunta es para todo el mundo, pues todos nosotros *estamos* en el espacio exterior. En todo momento viajamos en nuestro planeta Tierra, el cual ha estado en el espacio exterior desde el primer día de su existencia, girando a toda velocidad y fuera de todo control humano alrededor del Sol. Las

fotografías de la Tierra tomadas por los astronautas han influido grandemente en nuestro modo de ver nuestro hogar en el espacio, es decir, como un planeta jardín relativamente pequeño capaz de sostener la vida.

No podemos controlar el movimiento de la Tierra, pero hemos aprendido cuáles son las reglas que rigen su movimiento, las cuales fueron descubiertas merced al trabajo minucioso de los investigadores a lo largo de gran parte de la historia humana. El estudio de las reglas de la Naturaleza es lo que constituye la ciencia. Estas reglas, cuyo número es sorprendentemente pequeño, explican cosas como por qué la Tierra es redonda, por qué sus océanos y su cielo son azules, y por qué sus atardeceres son rojos. La riqueza de la vida radica no sólo en ver el mundo con los ojos bien abiertos, sino además en percibir las conexiones que existen entre las cosas. Conocer las reglas de la Naturaleza es enriquecer nuestra visión del mundo.

Las raíces de la ciencia alcanzan hasta antes del inicio de la historia acerca de la cual tenemos registros, cuando los seres humanos descubrieron regularidades y relaciones en la Naturaleza. Una de esas regularidades fue el aspecto de los patrones que forman las estrellas en el cielo nocturno. Otra, los patrones del tiempo a lo largo del año: cuándo comenzaba la estación lluviosa o cuándo los días se hacían más largos. Las personas aprendieron a hacer predicciones con base en estas regularidades y a establecer conexiones entre cosas que a primera vista parecían no tener relación entre sí. Esta gente aprendió más y más acerca del funcionamiento de la Naturaleza. Ese acervo de conocimientos, que crece todo el tiempo, es parte de la ciencia. La parte más grande de la ciencia, no obstante, son los métodos que se utilizan para producir ese conocimiento. La ciencia es una forma de pensar y también un cúmulo de conocimientos.

## **1.1 La ciencia fundamental: la física**

La ciencia es el equivalente actual de lo que se solía llamar filosofía natural. La filosofía natural era el estudio de las preguntas sin respuesta acerca de la Naturaleza. A medida que se encontraban estas respuestas, pasaban a formar parte de lo que hoy llamamos ciencia.

El estudio de la ciencia actual se divide en el estudio de los seres vivos y de los objetos que no tienen vida, es decir, en ciencias de la vida y ciencias físicas. Las ciencias de la vida se dividen a su vez en áreas como la geología, la zoología y la botánica. Las ciencias físicas se dividen, a su vez, en ramas como la geología, la astronomía, la química y la física.

La física es más que una rama de las ciencias físicas: es la más fundamental de las ciencias. La física estudia la naturaleza de cosas tan básicas como el movimiento, las fuerzas, la energía, la materia, el calor, el sonido, la luz y la composición de los átomos. La química estudia la manera como está integrada la materia, cómo los átomos se combinan para formar moléculas y cómo éstas se combinan a su vez para conformar los diversos tipos de materia que nos rodean. La biología es aún más compleja, pues estudia la materia viva. Así pues, la física sirve de apoyo a la química, y ésta sustenta a la biología. Las ideas de la física son esenciales para estas ciencias más complicadas; por eso la física es la ciencia más fundamental. Podemos entender mejor otras ciencias si antes entendemos la física.

## **1.2 El lenguaje de la ciencia: las matemáticas**

La ciencia sufrió una gran transformación en el siglo XVII, cuando se descubrió que es posible analizar y describir la Naturaleza por medios matemáticos. Cuando las ideas de la ciencia se expresan en términos matemáticos son precisas y carecen de esos "dobles sentidos" que con tanta frecuencia ocasionan confusión cuando se analizan ideas expresadas en el lenguaje ordinario. Cuando los descubrimientos acerca de la Naturaleza se expresan en términos matemáticos es más fácil verificarlos o refutarlos por medio de experimentos.\* Los métodos matemáticos y la experimentación condujeron al enorme éxito de la ciencia.

## 1.3 El método científico

El físico italiano Galileo Galilei (1564-1642) y el filósofo inglés Francis Bacon (1561-1626) suelen considerarse como los fundadores principales del **método científico**, un método muy eficaz para adquirir, organizar y aplicar conocimientos nuevos. Este método consiste básicamente en lo siguiente:

1. Identificar el problema.
2. Hacer una conjetura razonable, es decir, una **hipótesis** acerca de la respuesta.
3. Predecir las consecuencias de la hipótesis.
4. Realizar experimentos para poner a prueba estas predicciones.
5. Formular la regla general más simple que organice los tres ingredientes principales: hipótesis, predicción y resultado experimental.

Aunque este método que parece receta de cocina tiene cierto atractivo, no siempre ha sido la clave de los descubrimientos y adelantos de la ciencia. Gran parte del progreso de la ciencia se ha debido a resultados obtenidos por ensayo y error, por experimentación sin conjeturas previas o por puro accidente. El éxito de la ciencia está más relacionado con una actitud que es común a los científicos que con un método particular. Los componentes de esta actitud son la curiosidad, la experimentación y la humildad ante los hechos.

## 1.4 La actitud científica

En la ciencia un **hecho** es un buen acuerdo entre observadores competentes acerca de una serie de observaciones del mismo fenómeno. Una hipótesis científica, por otro lado, es una conjetura razonable, la cual sólo se considera un hecho cuando ha sido demostrada por medio de experimentos. Cuando una hipótesis se pone a prueba una y otra vez y no hay contradicciones, puede llamarse **ley** o **principio**.

Si un científico encuentra indicios que contradicen una hipótesis, ley o principio, entonces, de acuerdo con el espíritu científico, esa hipótesis, ley o principio se debe modificar o abandonar (a menos que los indicios contradictorios resulten erróneos, lo cual suele suceder). Un científico debe estar preparado para cambiar o abandonar una idea. A manera de ejemplo, el muy respetado filósofo griego Aristóteles (384-322 a.C.) afirmaba que un objeto dos veces más pesado que otro cae dos veces más rápidamente. Esta idea falsa se consideró como verdadera durante casi 2000 años en virtud de la gran autoridad de Aristóteles. En el espíritu científico, no obstante, un solo experimento verificable que demuestre lo contrario tiene más peso que cualquier autoridad, cualquiera que sea su reputación o el número de sus seguidores. En la ciencia moderna los argumentos que apelan a la autoridad tienen escaso valor.

Los científicos deben aceptar sus hallazgos aun cuando no corresponden a lo que preferirían haber encontrado. Ellos deben esforzarse por distinguir entre lo que ven y lo que desean ver. Los científicos, como casi todo el mundo, tienen una inmensa capacidad de autoengaño.\* Las personas han tendido siempre a adoptar reglas generales, convicciones, creencias, ideas e hipótesis sin cuestionar a fondo su validez y a conservarlas incluso mucho tiempo después de que se ha demostrado que son falsas, o al menos cuestionables. Las suposiciones más extendidas son a menudo las que menos se ponen en duda. Lo más frecuente, cuando se adopta una idea, es que se preste particular atención a los casos que parecen apoyarla, en tanto que los casos que parecen refutarla se deforman, se les resta importancia o se pasan por alto.

Los científicos emplean la palabra *teoría* con un significado diferente del que tiene en el lenguaje cotidiano. En éste, una teoría es lo mismo que una hipótesis: una suposición que no ha sido verificada. Una teoría científica, por otra parte, es una síntesis de un gran acervo de información que abarca hipótesis puestas a prueba y verificadas acerca de ciertos aspectos del mundo natural. Por ejemplo, los físicos hablan de la teoría atómica; los biólogos, de la teoría celular.

Las teorías de la ciencia no son fijas, sino que están sujetas a cambios. Las teorías científicas evolucionan a medida que pasan por etapas de redefinición y refinamiento. Durante los últimos cien años la teoría del átomo ha sido refinada conforme se han reunido nuevos datos experimentales. Los biólogos han refinado la teoría de la célula de manera similar.

La posibilidad de refinar sus teorías es un punto fuerte de la ciencia, no una debilidad de la misma. Muchas personas sienten que "cambiar de opinión" es un signo de debilidad. No obstante, los científicos competentes deben ser expertos en el arte de cambiar de opinión. Con todo, sólo lo hacen cuando se topan con sólidos indicios experimentales de lo contrario, o cuando una hipótesis conceptualmente más simple los obliga a adoptar un nuevo punto de vista.

Es más importante mejorar nuestras convicciones que defenderlas. Quiénes son honestos ante los hechos hacen mejores hipótesis.

La actitud científica acompaña la búsqueda de un orden, de uniformidades y de leyes que correlacionen los sucesos de la Naturaleza. Éstas permiten hacer predicciones. Una mejor comprensión de la Naturaleza nos permitirá controlar en mayor grado nuestro destino.



**Figura 1.2 ▲**  
Las teorías científicas se apoyan en hechos científicos.

## 1.5 Las hipótesis científicas deben ser susceptibles de ponerse a prueba

Para que una hipótesis pueda calificarse como científica debe enlazarse a una comprensión general de la Naturaleza y cumplir una regla cardinal. La regla es que las hipótesis deben ser susceptibles de ponerse a prueba. Es más importante que exista una manera de probar que es *errónea* que de probar que es correcta. A primera vista esto puede parecer extraño, porque casi siempre lo que nos interesa es verificar que algo es verdadero. Las hipótesis científicas son diferentes. De hecho, si quieres determinar si una hipótesis es científica o no, busca una forma de comprobar que es errónea. Si no existe una prueba que permita determinar si es errónea, entonces no es científica. Albert Einstein lo expresó muy bien cuando afirmó: "Una infinidad de experimentos no bastan para probar que estoy en lo cierto; un solo experimento puede demostrar que me equivoco."

Consideremos la hipótesis "La alineación de los planetas en el cielo determina el mejor momento para tomar una decisión." Muchas personas creen en ella, pero esta hipótesis no es científica: no se puede probar que es errónea o correcta. Se trata de una *especulación*. De igual manera, la hipótesis "existe vida inteligente en otros planetas en algún lugar del universo" no es científica. Aunque se puede probar que es correcta si se comprueba un solo caso de existencia de vida inteligente en otro lugar del universo, no hay manera de probar que es errónea si nunca se encuentra vida. Si buscáramos en los más lejanos confines del universo durante miles de años sin encontrar vida, ello no probaría que la misma no existe "a la vuelta de la esquina". La hipótesis "la mayoría de las personas se detienen ante una luz roja" queda también fuera del dominio de la ciencia, aunque por una razón distinta. Aunque es fácil ponerla a prueba y demostrar que es acertada o errónea, la hipótesis no se enlaza con

### ■ Pregunta

¿Cuál de los enunciados siguientes es una hipótesis científica?

- Los átomos son las partículas de materia más pequeñas que existen.
- El universo está rodeado por otro universo cuya existencia no pueden detectar los científicos.
- Albert Einstein es el físico más grande del siglo xx.

### ■ Respuesta

Sólo (a) es científico porque existe una manera de probar que es erróneo. No solo es *posible* probar que este enunciado es erróneo, sino que, de hecho, se ha comprobado que lo es. No hay manera de probar que el enunciado (b) puede ser erróneo, así que no es científico. Algunos pseudocientíficos y otros supuestos sabios no están siquiera dispuestos a considerar la posible falsedad de sus enunciados. El enunciado (c) es una afirmación cuya posible falsedad no puede ser probada. Si Einstein no fuera el científico más grande, ¿cómo podríamos saberlo? Es importante señalar que, en virtud de que el nombre de Einstein inspira en general un gran respeto, es un favorito de los pseudocientíficos. Así que no nos debe sorprender que los charlatanes que buscan reconocimiento para sí y para sus puntos de vista citen el nombre de Einstein, así como el de diversos personajes prominentes y respetados.

nuestra comprensión general de la Naturaleza ni encaja en la estructura de la ciencia.

He aquí una hipótesis que sí es científica: "ningún objeto material puede viajar más rápidamente que la luz." Incluso si mil experimentos diferentes la apoyaran, un solo experimento podría probar que esta hipótesis es errónea. (Hasta ahora, creemos que es verdadera.) Una hipótesis para la cual no existe una prueba capaz de demostrar que es errónea queda fuera del dominio de la ciencia.

## 1.6 Ciencia, tecnología y sociedad

La ciencia y la tecnología son diferentes. La ciencia es un método para responder preguntas teóricas; la tecnología es un método para resolver problemas prácticos. La ciencia se ocupa de descubrir hechos y relaciones entre fenómenos observables en la Naturaleza y de establecer teorías que organizan y dan sentido a estos hechos y relaciones. La tecnología tiene que ver con herramientas, técnicas y procedimientos para aplicar los descubrimientos de la ciencia.

La ciencia y la tecnología son empresas humanas, aunque de distinta manera. Para decidir en qué problemas van a trabajar, los científicos se guían por sus propios intereses, y en ocasiones por el deseo de ayudar a otras personas o servir a su país. En la mayor parte de los casos lo que impulsa a los científicos es la curiosidad, la simple necesidad de saber. Ellos buscan conocimientos que, en la medida de lo posible, estén libres de modas actuales, creencias y juicios de valor. Los descubrimientos de los científicos pueden escandalizar o disgustar a ciertas personas, como en el caso de la teoría de la evolución de Darwin. Pero la ciencia misma no se entromete en la vida de las personas, al contrario de la tecnología, la cual, una vez desarrollada, es muy difícil hacerla a un lado. Los tecnólogos se proponen específicamente proyectar, crear o construir algo destinado al uso y disfrute por parte de los seres humanos, en muchos casos para una vida humana mejor. No obstante, ciertas tecnologías pueden tener efectos secundarios adversos o crear otros problemas que es preciso resolver. Aunque la tecnología procede de la ciencia, se debe juzgar en función de sus efectos en la vida humana.

Todos conocemos los abusos de la tecnología. Muchas personas culpan a la tecnología misma por la contaminación generalizada, el agotamiento de los recursos e incluso la decadencia social. La culpa que se atribuye a la tecnología suele opacar su potencial. Ese potencial es un mundo más limpio y más saludable. Es mucho más sensato combatir los peligros de la tecnología con el conocimiento y no con la ignorancia. Las aplicaciones sabias de la ciencia y la tecnología pueden darnos un mundo mejor.

La ciencia y la tecnología constituyen, ahora más que nunca, la parte mayor de nuestra vida diaria. Los seres humanos tenemos ahora una gran influencia en el delicado equilibrio de la Naturaleza. Ese poder viene acompañado de la responsabilidad de conservar ese equilibrio y, para hacerlo, debemos entender las reglas básicas de la Naturaleza. Los ciudadanos deben estar bien informados de cómo funciona el mundo para combatir problemas como el de la lluvia ácida, el calentamiento global y los desechos tóxicos. El modo científico de pensar es cada vez más vital para la sociedad a medida que se descubren nuevos hechos y se necesitan ideas nuevas para cuidar el planeta.

