

*“La ciencia es un intento para descubrir, por medio de la observación y el razonamiento basado en la observación, los hechos particulares acerca del mundo primero, luego las leyes que conectan los hechos entre sí, y que (en casos afortunados) hacen posible predecir los acaeceres futuros. Relacionada con el aspecto teórico de la*

*ciencia está su técnica, que utiliza el saber científico para producir comodidades y lujos que eran imposibles, o al menos mucho más costosos, en la era precientífica. Es el último aspecto el que da gran importancia a la ciencia aun para aquellos que no son científicos.”*

Bertrand Russell,  
*Ciencia y religión.*

#### CONTENIDOS

- El lenguaje y los modelos de las ciencias
- Clasificación de las ciencias
- Métodos científicos
- Explicación, predicción y comprensión
- Consecuencias sociales y éticas del desarrollo científico y tecnológico

# 5

## EL PROBLEMA DE LA CIENCIA

### La ciencia en la vida cotidiana

Según el filósofo alemán Martin Heidegger, cada época decide cómo es la verdad. La nuestra, sin dudas, ha dado a la verdad el rostro de la ciencia. Pero la ciencia no siempre fue como hoy la conocemos y la valoramos. Apenas en la época moderna, y con mucha dificultad, las ciencias disputan con la teología el privilegio de ser productoras de verdad y, a la vez, comienza a definirse la forma y el contenido que actualmente son propios de la ciencia. La astronomía y la física fueron las pioneras de esta revolución, a la que luego se sumaron otras disciplinas. En el presente, las ciencias son consideradas conocimiento verdadero sobre el hombre y la naturaleza, con exclusión de otras formas de conocimiento o de expresión humana y cultural “no científicas” como el arte en cualquiera de sus formas, la teología, o la misma filosofía.

En la vida cotidiana, observamos que la ciencia ocupa un lugar privilegiado en lo que respecta a decir la verdad sobre el mundo: se recurre al conocimiento “científicamente probado” tanto para vender jabón en polvo en una publicidad, como para que aceptemos someternos a una operación a corazón abierto, o para definir nuestra identidad cultural. La ciencia recibe subsidios para investigación (a veces, en mayor proporción que las “humanidades”). De modo que, sobre la base del conocimiento científico, tomamos desde decisiones individuales sobre cómo conducir nuestra vida (en lo relativo a alimentación, sexualidad, higiene y otros hábitos) hasta decisiones de política educativa, sanitaria, económica, ambiental. Confiamos a los sistemas informatizados nuestra vida cuando tomamos un avión y cuando guardamos trabajos, imágenes, música, etcétera, en la computadora; organizamos con ellos la producción industrial; “vemos” por primera vez a los bebés por nacer en la pantalla de un ecógrafo. Podríamos seguir enumerando ejemplos hasta aburrirnos, o tal vez, inquietarnos. Pero, lo que nos basta por ahora es reconocer esta presencia constante



Martin Heidegger (1889-1976), uno de los principales filósofos del siglo XX. Su obra fundamental es *Ser y tiempo*.



*Prometeo encadenado*, de Jacob Jordaens (1593-1678).

que, por ser tal, casi no se percibe, y se traduce en una confianza plena en que la ciencia y la tecnología “dicen la verdad”.

La actual es una época científica y tecnológica. Y las consecuencias de este carácter no sólo repercuten en nuestra vida cotidiana, sino que también influyen en la problematización filosófica. El filósofo argentino Enrique Marí sostiene que como nuestra época lleva el sello de la ciencia y la tecnología, eso también se refleja en la filosofía del siglo XX. Uno de los productos más significativos de esta característica es el desarrollo de la *epistemología*. El término proviene del griego, *episteme*, que Platón reservaba para la filosofía porque es “conocimiento verdadero de lo que verdaderamente es”. En general, se traduce como “ciencia” y, por esta razón, epistemología es un sinónimo de “filosofía de las ciencias” (aunque a veces se lo usa en un sentido más amplio, como “teoría del conocimiento”). La epistemología estudia varios aspectos de la problemática científica, desde cuestiones lógicas y metodológicas muy específicas, hasta problemas más generales como el carácter de la verdad científica y la relación de la ciencia y la sociedad. En lo que sigue, analizaremos algunas de estas problemáticas.

### **Prometeo o el origen de la técnica**

Prometeo es un personaje de la mitología griega y su regalo a los hombres se interpreta como el origen de la técnica.

Por encargo de los dioses debía repartir los dones naturales a las criaturas. Pero olvidó dotar a los hombres de protección y armas. Entonces, robó a Zeus el fuego y a Hefesto

y Atenea la técnica para utilizarlo y se los entregó a los seres humanos. Celoso del poder del hombre, Zeus ideó un castigo. Envío a la Tierra a Pandora, mujer hermosa y seductora pero atolondrada. Pandora recibió de regalo una caja que contenía todos los males. Cuando la abrió, estos se esparcieron sobre la Tierra.

1. Expliquen por qué este mito simboliza el origen de la técnica.
2. Discutan semejanzas y diferencias entre este mito y la expulsión de Adán y Eva del Paraíso, según la tradición judeo-cristiana.
3. Piensen otros ejemplos de la presencia de la ciencia en la vida cotidiana. ¿Confían en ella en todos esos casos? ¿Hay formas no científicas de resolver algunas cuestiones que actualmente resuelven la ciencia y la tecnología? ¿Con qué resultados?



Detalle de un grabado del siglo XVII que representa el sistema ptolemaico. Para Claudio Ptolomeo (siglo II) la Luna, el Sol y los cinco planetas entonces conocidos —Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno— se movían alrededor de la Tierra.



## El nacimiento de la ciencia moderna

La historia de las disciplinas que actualmente consideramos “científicas” es, según cada una, más o menos extensa; mientras que algunas remontan su origen a la Antigüedad, otras aparecen como tales a partir del siglo XVIII o XIX. En el siglo XVII, surge la “concepción moderna de la ciencia” y se instala una nueva forma de entender la naturaleza, el hombre y el conocimiento. El conocimiento medieval se apoyaba en la verdad que había sido revelada por Dios. La concepción astronómica imperante hasta ese momento había sido la geocéntrica, según la cual la Tierra es el centro del universo y los astros giran alrededor de ella. Fue sistematizada por Ptolomeo (siglo II), pero estaba presente ya en Aristóteles, quien distinguía el mundo *sublunar* (nuestro mundo, imperfecto) del *supralunar* (el cielo, perfecto) y fue defendida también por la Iglesia católica.

Ya en el Renacimiento (siglos XIV a XVI), comenzó a producirse una transformación en la manera de concebir el conocimiento —y también la naturaleza—, que terminó en lo que se llama la “revolución científica del siglo XVII”, cuyos representantes principales fueron: Nicolás Copérnico, quien defendió la teoría heliocéntrica en su libro *De las revoluciones de las esferas celestes* (terminado en la década de 1530, publicado en 1543); Tycho Brahe, cuyas observaciones contribuyeron a descartar la concepción tradicional de las “esferas celestes”; Johannes Kepler, discípulo de Brahe, quien reunió las observaciones de su maestro con los cálculos de Copérnico, y calculó la órbita de Marte, cuyas leyes publicó en *Astronomía nueva* (1609); y Galileo Galilei, tal vez el más famoso de este período.

1. Nicolás Copérnico (1473-1543), astrónomo polaco, creador de la teoría heliocéntrica del universo que dio comienzo a lo que posteriormente se llamó revolución copernicana.

2. Galileo Galilei (1564-1642), matemático, físico, astrónomo y filósofo italiano. Fue el principal iniciador de la revolución científica y de la ciencia moderna.

3. Johannes Kepler (1571-1630), astrónomo alemán.

4. Tycho Brahe (1546-1601), astrónomo danés.



En el Renacimiento confluyen el interés por la cultura clásica y la naturaleza, por un lado, y un espíritu crítico de la cultura y el pensamiento medievales, por el otro. El filósofo renacentista Tommaso Campanella (1568-1639) critica en *La ciudad del sol* la forma de conocer de los “sabios” del siglo XVI: “...pensáis que es sabio quien sabe más gramática y lógica de Aristóteles, o de este o aquel autor; para eso es suficiente con una memoria servil, por lo que el hombre se vuelve pasivo al no contemplar las cosas sino los libros, y se empobrece el alma con aquellas cosas muertas, desconociendo cómo gobierna Dios las cosas, e ignorando las leyes de la naturaleza y de las naciones”. Campanella se aleja así de la idea medieval de que para conocer la creación es necesario conocer a su creador; es más, la invierte. Para conocer a la naturaleza hay que ir hacia ella; ella revelará sus leyes y, en consecuencia, el designio de su creador. Y este ejercicio mantendrá vivo nuestro espíritu y nos permitirá, además, ordenar mejor nuestra vida social y política.

Por su parte, el filósofo inglés Francis Bacon comienza su *Novum organum* (1620), que significa “nuevo instrumento”, nuevo método de interrogar a la naturaleza, diciendo: “El hombre, servidor e intérprete de la naturaleza, ni obra ni comprende más que en proporción de sus descubrimientos experimentales y racionales sobre las leyes de esta naturaleza; fuera de ahí, nada sabe ni nada puede”. Tanto Campanella como Bacon sostienen que es necesario volverse a la naturaleza para conocerla, y no a la autoridad de los textos. Pero Bacon, con un espíritu más cercano a lo que hoy llamaríamos “científico”, agrega dos elementos más: primero, no se trata sólo de *saber*, sino también de *poder*; segundo, ese saber tiene una raíz *experimental* y *racional*. Sobre lo primero, leemos en el *Novum organum*: “La ciencia del hombre es la medida de su potencia”. Esto significa que “saber es poder”, conocer la naturaleza es poder controlarla, aprovecharla en beneficio del hombre, dominarla. Pero no es cualquier tipo de conocimiento el que posibilita que se alcance este fin que no es sólo “teórico” (saber) sino también “técnico” (poder), que convertiría al hombre en “amo y señor” de la naturaleza, como dice Descartes. Sobre lo segundo, Bacon aclara que este conocimiento no se obtiene de cualquier manera, sino mediante la experiencia y la razón, esto es, mediante un *método* que tenga el doble carácter de ser empírico y racional. Este conocimiento es la ciencia y la concepción moderna de la ciencia se caracteriza, justamente, por su método de conocimiento (el *métodos*, el camino que lleva al conocimiento).



### Nuevo método

“...para penetrar en los secretos y en las entrañas de la naturaleza, es preciso que, tanto las nociones como los principios, sean arrancados de la realidad por un método más cierto y más seguro [que el que se utilizaba hasta entonces].”

Francis Bacon, *Novum Organum*.



Francis Bacon (1561-1626). Principal filósofo inglés del Renacimiento, considerado el padre del empirismo moderno y gran promotor de que el saber es útil para la vida práctica.

1. *La Trinidad* (1427) de Masaccio (1401-1428). Los pintores renacentistas descubrieron el uso de las leyes de la perspectiva, y ésta es una de las primeras pinturas donde se la puede apreciar.

2. *La virgen de las rocas* (1483) de Leonardo da Vinci, gran teórico de la óptica. En esta pintura adopta la perspectiva atmosférica en vez de la geométrica, a la que critica.

4. a. Expliquen el cambio de actitud con respecto al conocimiento que se produce en el Renacimiento.  
 b. Averigüen el contexto en el que se produjo “la revolución científica del siglo XVII”.



Grabado del sistema copernicano *Harmo-  
nia Macrocosmica* (1661) de A.C. Palatini.



## ¿Qué es la actitud científica?

- Se suele resumir la actitud científica moderna mediante tres características principales:
- a) su carácter matemático,
  - b) su carácter experimental,
  - c) la utilización de instrumentos.

### El carácter matemático de la ciencia

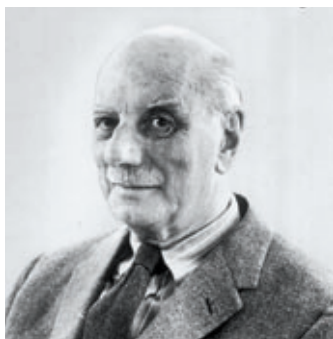
Galileo distinguía dos tipos de propiedades en las cosas naturales: las *subjetivas* y las *objetivas*. Las primeras son cualidades que se atribuyen a los objetos en la medida en que se relacionan con nuestros sentidos. Por ejemplo, el frío o el calor sólo los atribuimos a un objeto, si lo percibimos a través del tacto. Son características *cualitativas* y variables: si acabamos de tomar un vaso de agua helada que nos adormece la lengua, la sopa no nos parecerá tan caliente; si tenemos llagas en la boca, nos resultará imposible tomar sopa caliente. En consecuencia, el conocimiento que aportan estas propiedades no es compartido con todos y es, también, muy variable, razón por la cual no puede ser considerado conocimiento científico.

En cambio, las propiedades objetivas pertenecen a las cosas por sí mismas y les son propias con independencia de nuestra experiencia de ellas. Se trata de propiedades que Galileo, al igual que Descartes, considera racionales. Son propiedades puramente *cuantitativas* y, por ende, cuantificables (y expresables en símbolos “matemáticos”): el número, la figura, el movimiento. La ciencia consiste en descubrir estas propiedades y explicarlas. En este sentido, Galileo sostenía que la naturaleza es un gran libro escrito en caracteres matemáticos. De este modo, la naturaleza se cuantifica, se matematiza, se racionaliza.

La cuantificación del tiempo y del espacio es, también, un dato interesante para comprender esta nueva concepción de la naturaleza y la física moderna. Lewis Mumford, en *Técnica y civilización* (1934), subraya el papel del reloj mecánico (cuya fabricación y uso se generalizaron en el comienzo de la modernidad) como símbolo de la homogeneización y la cuantificación del tiempo. En lugar de *diferenciar* el transcurso del día de acuerdo con, por ejemplo, los momentos de oración, descanso, trabajo, comida —que son diferencias que determinan *cualidades* del tiempo según las actividades que se realizan—, con el reloj, el tiempo se *mide* en horas, esto es, en “*cantidades* de tiempo”. Las horas, por su parte, son cuantitativamente homogéneas, sesenta minutos no se diferencian, según la marca del reloj, de otros sesenta minutos cualesquiera, *objetivamente* considerados. Esto implica una racionalización del tiempo en varios sentidos del término: por un lado, porque se hace matemático y objetivo; por otro, porque facilita la distribución del tiempo al servicio de la producción industrial. Más aún: así como los ejes cartesianos permiten homogeneizar las dimensiones de tiempo y espacio matemáticamente representadas, en el cuadrante del reloj, el tiempo se representa *espacialmente*, según una distancia recorrida por las agujas. Esto implica, entonces, que también el espacio es homogeneizado, matematizado.



Tapa del tomo primero de las *Obras* de Galileo Galilei, correspondiente a la edición publicada en Padua, en 1764.



Lewis Mumford (1895-1990).



Representación del sistema planetario de Copérnico que Galileo defendió y que le valió la condena de la Iglesia.

En resumen, una concepción *cuantitativa* del tiempo y del espacio —y, también, de la materia, de la historia, del hombre, etcétera— establece diferenciaciones ya sea por las experiencias individuales o grupales (la época de la siembra, la época de la cosecha, la época de la revolución, el tiempo de los antepasados, etcétera); ya sea por liturgias o mitos (la época de Carnaval, Cuaresma, Pascuas, Navidad, la Edad de Oro, de Bronce, de Hierro; o, el espacio: la región sagrada, la zona de caza, el bosque prohibido, el valle de los muertos, etcétera); o por ritmos de la naturaleza (la época de las lluvias, la época de las golondrinas, etcétera). De esta manera, se marcan períodos y espacios desiguales y no siempre precisos. En cambio, una concepción *cuantitativa*, cuya preocupación es poder *medir*, necesita que no haya diferencias sino que las “partes” del tiempo, del espacio, de la materia sean homogéneas, comparables y delimitadas con precisión. Por esta razón, reduce a unidades iguales tiempo, espacio y materia: minutos, horas, años, centímetros, kilómetros, años luz, litros, kilos, etcétera. Ésta es la concepción científica predominante en la Modernidad.

## La verdad de los cálculos

Copérnico, al igual que Galileo, pensaba que las matemáticas no eran sólo un simple instrumento para predecir eclipses, hacer calendarios o confeccionar horóscopos. Afirmaba que la realidad es matemática, de modo que los cálculos *son verdaderos aunque en principio no concuerden con la observación*, como es el caso del movimiento del Sol (que al menos a simple vista “se mueve”) y de muchos conocimientos científicos en la actualidad.

Una anécdota curiosa con respecto a esto es que, sin embargo, Andreas Osiander, el editor de *De las revoluciones de las esferas celestes*, aclara al lector que “...no es preciso que estas hipótesis sean verdaderas, y ni siquiera verosímiles, sino que basta con lo siguiente: que ofrezcan cálculos conformes a la observación”. Este comentario es, sin dudas, sorprendente: dada la concepción de la verdad que nos es más familiar, la correspondencia, si los cálculos son conformes a la observación, entonces *son verdaderos*.

No se exige de los cálculos que “reflejen” la realidad, sino que permitan operar en ella, o sea que el valor del conocimiento no depende de que describa con verdad el mundo, sino que sea eficaz. Reflexionemos sobre el contexto en que Osiander decía esto: cuando Copérnico terminó su libro (década de 1530) fue también tiempo de la Inquisición como parte de la Contrarreforma religiosa y se mantenía la autoridad como criterio de verdad, según el cual lo verdadero es lo que dicen los textos autorizados, como por ejemplo las Sagradas Escrituras y los filósofos de la Antigüedad. Aceptar como verdaderos los cálculos de Copérnico era contradecir la teoría válida en ese momento que consideraba que la Tierra era un centro inmóvil alrededor de la cual giraban los planetas y el Sol. En cambio, para Copérnico, el Sol está en el centro y la Tierra y los astros giran a su alrededor. Sin embargo, la precisión de los calendarios (y hasta de los horóscopos) era importante, y el sistema copernicano ofrecía cálculos que coincidían mejor con la posición observable de los astros y por lo tanto, resultaban útiles, eficaces. Actualmente, el aprovechamiento de los conocimientos científicos para fines prácticos se denomina “instrumentalismo” y tiene un rasgo pragmático.

5. Expliquen la diferencia entre las propiedades subjetivas y las objetivas de las cosas.
6. Piensen ejemplos de percepciones subjetivas de las cosas, del espacio y del tiempo.
7. ¿En qué disciplinas curriculares estudian propiedades matemáticas del mundo? ¿Qué ejemplos de estas propiedades conocen?



Alexandre Koyré (1882-1964), filósofo francés de origen ruso, autor de *Estudios sobre Galileo*, sostiene que los experimentos que Galileo hizo en Pisa son un mito basado en el texto de Vincenzo Viviani, quien relata que Galileo “demostró por repetidos experimentos hechos desde lo alto del campanario de Pisa en presencia de todos los demás profesores y filósofos y de toda la Universidad” afirmaciones como: “las velocidades de móviles de la misma materia, pero de pesos diferentes y que se mueven a través del mismo medio, no siguen en modo alguno la proporción de su gravedad [peso], tal como dice Aristóteles, sino que se mueven todos con la misma velocidad”.



## El carácter experimental

El nuevo método científico de la modernidad exige no sólo la matematización de la naturaleza sino también recurrir a la experiencia. Para que sea científica, la experiencia debe ajustarse a ciertos requisitos. En este sentido, es importante la diferencia que ya había establecido Bacon entre la experiencia común y corriente, por un lado, y la experiencia científica, por el otro. La primera está a merced de las limitaciones de nuestros sentidos y los prejuicios de nuestro

pensamiento, en cambio, la segunda está basada muchas veces en los conocimientos matemáticos sobre la naturaleza, y corregida y auxiliada por los instrumentos. Estos últimos hacen posibles las observaciones o experimentaciones y contribuyen a su precisión. A grandes rasgos, la diferencia fundamental entre *observar* y *experimentar* es que en el segundo caso se controlan ciertas variables para reproducir las causas que provocan un fenómeno determinado (que se puede observar), y en el primero no se provocan los fenómenos a voluntad. Digamos, por ejemplo, que no se puede producir en un laboratorio una estrella, ni se la puede poner en movimiento; pero sí observarla y medir su desplazamiento en el espacio mediante telescopios y otros instrumentos. También es posible controlar determinadas variables para provocar reacciones en una colonia de bacterias y observar su comportamiento. En consecuencia, las experiencias que sirven de control a la ciencia son la observación y la experimentación controladas por el conocimiento previo y auxiliadas por instrumentos.

Los historiadores de la ciencia discuten cuántos y cuáles experimentos realizaron los primeros científicos modernos. Copérnico confiaba casi exclusivamente en sus cálculos; Brahe sólo confiaba en sus sentidos (y por eso rechazaba la tesis de que el Sol estuviera “inmóvil”); Kepler corrigió sus cálculos hasta hacerlos coincidir con las observaciones; Galileo combinaba cálculos y experimentos (reales o imaginarios). Lo cierto es que la experimentación confiere a la ciencia un carácter público, comunicable, compartido y, como consecuencia de la posibilidad de comunicar y repetir las experiencias, progresivo.

## Los instrumentos científicos

Los instrumentos científicos que auxilian a los sentidos en la experimentación no son sólo herramientas, sino que *forman parte de la teoría*: su uso y funcionamiento se apoyan en una teoría y, a su vez, contribuyen al desarrollo de otras teorías. No obstante, cuando Galileo utilizaba el telescopio, por ejemplo, era comprensible que sus adversarios se negasen a creer en lo que se veía a través de él. ¿Por qué creer que las irregularidades que se observaban en la superficie de la Luna eran reales y no un defecto provocado por el mismo telescopio? Del mismo modo, si alguno de nosotros tuviera la oportunidad de mirar por un telescopio, ¿cómo interpretaría lo visto?, ¿por qué confiaría en el instrumento si no supusiera ya una confianza en la ciencia? Los instrumentos, entonces, no son un simple auxilio exterior a la ciencia sino que su construcción, fundamentación y utilización



Telescopio moderno.

constituyen un aspecto más del método. Con el tiempo, la relación entre los instrumentos y las teorías científicas se ha desarrollado tanto, que en la actualidad sería imposible hacer ciencia sin contar con los instrumentos que aporta la tecnología.

## ¿Qué es la ciencia?

En el *Diccionario de Filosofía* de Ferrater Mora se define la ciencia de la siguiente manera: “Es común considerar la ciencia como un modo de conocimiento que aspira a formular, mediante lenguajes rigurosos y apropiados —en lo posible, con auxilio del lenguaje matemático—, leyes por medio de las cuales se rigen los fenómenos”. A esta definición básica podemos agregar otros elementos. En primer lugar, la ciencia, además de un *modo* de conocer es el *sistema* de conocimientos que se expone mediante los lenguajes rigurosos que se mencionan en la definición. En segundo lugar, este sistema nunca es definitivo sino que está siempre sujeto a revisión; ya Galileo sostenía que la ciencia, a diferencia de la fe, no es un saber dogmático, acabado e indiscutible. Esto es lo que se quiere decir cuando se afirma que el conocimiento científico es *fallible*: que siempre está sujeto a crítica, revisión y corrección. En tercer lugar, una condición fundamental del conocimiento científico es su comunicabilidad y publicidad; si no fuera comunicable y público, sería imposible someterlo a revisión.

## Un método

El conocimiento científico en el siglo XX sigue una *metodología* precisa. Esa metodología tiene varias funciones en la actividad científica: por un lado, se supone que la metodología es racional y que la racionalidad de los procedimientos garantiza la objetividad y la verdad de los resultados; por el otro, el hecho de que los pasos seguidos por los científicos puedan ordenarse y exponerse en un método, posibilita el control de dichos conocimientos por parte de otros científicos. De estas dos funciones, la primera es la que más discusiones ha generado en el ámbito de la filosofía de las ciencias. La identificación ciencia-metodología-racionalidad-objetividad-verdad ha tenido mucha importancia en el siglo XX e imprimió en nuestras concepciones de la racionalidad y de la verdad un sentido científico y tecnológico, así como una estricta división entre las disciplinas que se consideran científicas, y las que no.



Anteojo original de Galileo, construido en 1609. Se conserva en el museo de Ciencia y Técnica de Florencia.

**8.** Piensen en algún experimento que hayan realizado en algún área científica. ¿Qué instrumentos utilizaron? ¿Cómo se explica su funcionamiento? ¿Controlaron variables? ¿Cuáles? ¿En qué se diferencia lo que hicieron de la observación cotidiana?





## Un lenguaje

Una de las características de las ciencias es su “exactitud”, asociada al lenguaje matemático. En efecto, si bien un músico debe ser muy *exacto* en la ejecución de una pieza, o un escritor debe manejar las palabras con *exactitud* para crear una buena obra, o un filósofo debe ser sumamente *riguroso* en el desarrollo de los conceptos, el modelo del rigor y la exactitud, al menos en la concepción social habitual, es la ciencia que emplea el lenguaje matemático. La ciencia construye sus lenguajes y define sus términos con el fin de evitar la equívocidad del lenguaje natural. Las palabras que utilizamos para la comunicación cotidiana suelen ser ambiguas, imprecisas, opacas; muchas veces, el sentido de lo que se comunica se completa o se precisa por el contexto, por el conocimiento del interlocutor, por los gestos. La vaguedad y la ambigüedad del lenguaje natural ofrecen a la comunicación plasticidad y posibilidades enriquecedoras, como por ejemplo, el humor. Pero la ciencia persigue otro fin: la *objetividad*. Recordemos que Galileo sostenía que el conocimiento científico debía centrarse en las *cualidades objetivas* de las cosas, esto es, en las propiedades que las cosas tienen por sí mismas y que no dependen de su interacción con un observador. En un sentido similar, hoy la objetividad es entendida como la no interferencia de preferencias, prejuicios, estados particulares, presiones o concepciones religiosas, sociales y/o culturales del científico en la producción y exposición de conocimientos. Y a esa objetividad contribuye la construcción de lenguajes artificiales y precisos para expresar los conocimientos.

### Ciencia y objetividad

La ciencia construye su objetividad mediante la utilización de un lenguaje específico y, en lo posible, formal. Por eso, aprender una ciencia es también aprender su vocabulario: términos que tienen un sentido propio dentro de la ciencia a la que pertenecen y que son necesarios para entender las leyes fundamentales de la disciplina, sus métodos y técnicas de

manipulación experimental, así como su modo de interpretar el mundo. Ese lenguaje preciso puede ser simplemente un lenguaje técnico como las definiciones de inconsciente, conducta, sociedad, en las ciencias sociales, o definiciones formales como en la física ( $F=m \cdot a$ ) y la química ( $H_2O$ ).



Laurie Anderson, cantante y compositora estadounidense. Su disco *The end of the moon*, fue desarrollado en la NASA, donde la cantante fue contratada como artista residente. Uno de los temas se titula “Big science”.

### Leyes

Finalmente, Ferrater Mora en su *Diccionario de Filosofía* sostiene que mediante esos lenguajes precisos la ciencia enuncia “leyes que rigen los fenómenos”. Las leyes enuncian conexiones universales y necesarias entre los fenómenos y, de este modo, los explican. No obstante, explicar no es el único fin de la ciencia. Las leyes pueden cumplir varias funciones.

En su nivel más básico, las “leyes empíricas” *describen* los fenómenos, expresando una regularidad observada en ellos (“Los seres humanos tienen el pulgar oponible”); pero la descripción por sí sola es insuficiente.

Otras leyes de niveles superiores *explican* la regularidad observada, se refieren a la causa de los fenómenos particulares cuya regularidad se ha observado (una justificación evolutiva del pulgar oponible).

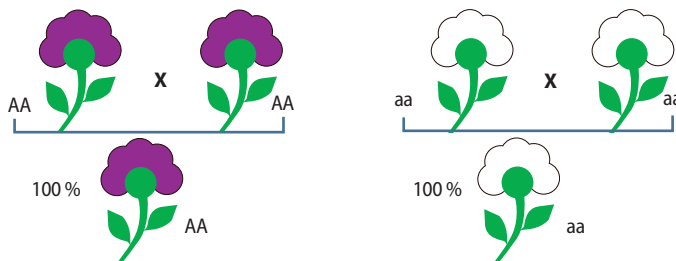
Pero hay una función aún más importante: las leyes *predicen* los fenómenos o los comportamientos de la naturaleza o de los individuos. Antes mencionamos que la ciencia permite que los hombres ejerzan control, manipulen o simplemente aprovechen las fuerzas naturales en su beneficio; pues bien, la predicción es lo que hace que dicha acción sobre la naturaleza sea posible.



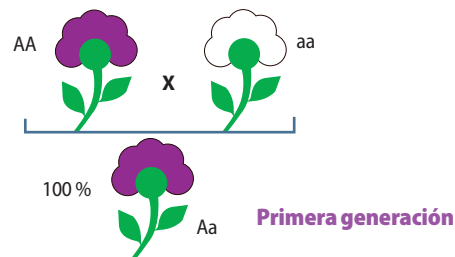
9. Busquen otros ejemplos del lenguaje preciso de la ciencia.

## Teorías y modelos

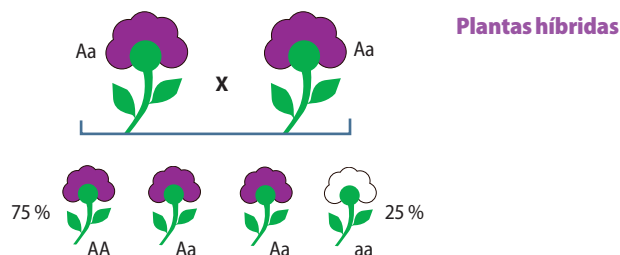
Con el fin de explicar los aspectos de la realidad que corresponden a cada disciplina, los científicos diseñan teorías. Cuando nos referimos a la ciencia como un conjunto de conocimientos, consideramos a la ciencia como un conjunto de teorías, es decir, un sistema de proposiciones que pretende explicar alguna región de la realidad. El nivel de los enunciados depende tanto de su generalidad como de su poder explicativo. En un primer nivel encontramos enunciados singulares de observación del tipo “Esta planta tiene flores blancas” o “Esta planta tiene flores rojas”. Estos enunciados son puramente descriptivos y una colección de ellos no es suficiente para que podamos considerar que se trata de un conocimiento científico.



En un segundo nivel, encontramos enunciados que, como los de primer nivel, tienen solamente términos empíricos pero, a diferencia de ellos, son generales: “Las plantas de la primera generación, resultantes de la fecundación de una variedad pura de flores rojas con una variedad pura de flores blancas, son todas rojas”



“Las plantas resultantes de la autofecundación de estas plantas híbridas tienen flores rojas y flores blancas en una proporción de tres a uno, respectivamente”. Estos enunciados señalan algo más que una descripción singular porque expresan una regularidad en los fenómenos que es necesario explicar y se llama *ley empírica*.



Esta explicación requiere de un nivel todavía más amplio de enunciados, que contiene conceptos teóricos. En este ejemplo, los enunciados de tercer nivel se referirán a los genes y a la frecuencia de su combinación (como las leyes de Mendel) o al ADN. En este caso, ya no será una descripción de los fenómenos observables sino una explicación de por qué los fenómenos son como los hemos observado. Esto es una *ley teórica*.



Gregor Mendel (1822-1884) es considerado el fundador de la genética. Se dice que sus leyes de la herencia son tan fundamentales para la biología como las leyes de Newton lo fueron para la física.

**10.** Busquen en libros de ciencias ejemplos de enunciados que podrían pertenecer a los niveles de una teoría científica.

**11.** ¿Cuál es el fin de las teorías científicas?

**12.** ¿Conocen alguna teoría científica? Conversen con los profesores de ciencias sobre los alcances explicativos de alguna de ellas.





Juan Martín Maldacena, físico argentino.

## La ciencia

Los rasgos principales del concepto de ciencia son: un conjunto de teorías cuyo fin es adquirir conocimientos, de carácter público, obtenidos mediante un método que garantiza su racionalidad, objetividad y verdad. Los conocimientos se expresan en leyes enunciadas en lenguajes específicos o formales que al representar conexiones universales y necesarias entre los fenómenos, permiten describirlos, explicarlos y predecirlos.

El ideal de las teorías es que lleguen a tener leyes teóricas de modo tal que todos los enunciados de niveles “menores” puedan deducirse de ellas. Para eso es necesario que se formalicen los enunciados. Y, en la medida en que se establezcan teorías abarcativas que a su vez agrupen a otras teorías y las fundamenten deductivamente, más madura o desarrollada se considerará la ciencia.

Los términos “teoría” y “modelo” a veces se consideran sinónimos. En general, un *modelo* es un objeto, un gráfico, una sistematización de conceptos que por su analogía con otra cosa permite explicarla. Por ejemplo, una computadora puede ser interpretada como un modelo de cómo funciona el cerebro humano. Una maqueta representa un modelo del edificio que se construirá. Una fórmula es un modelo con el que una teoría científica expresa las relaciones entre los objetos o fenómenos. Una teoría científica es un modelo conceptual de la realidad. A veces, para que una teoría sea considerada un modelo de la realidad, se le exige que tenga, además, una interpretación verdadera, o sea, que sus principios generales teóricos definan una porción de la realidad que se comporte tal como lo explica la teoría.

## Teorías de la física actual

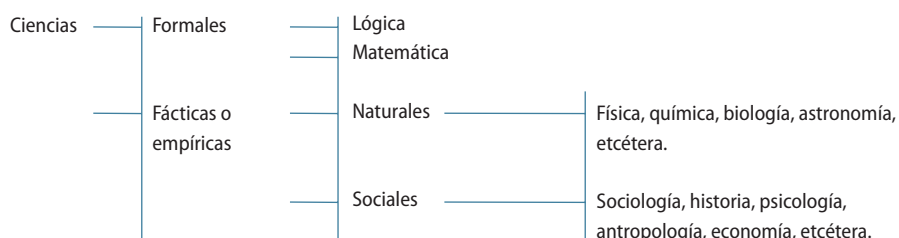
En una entrevista reciente, el físico Juan Martín Maldacena dice:

“Ocurre que la física actual se apoya en dos grandes pilares-teorías incompatibles: la mecánica cuántica (que sirve para describir el interior del átomo y que se aplica a lo pequeño) y la teoría de la relatividad de Einstein, que se aplica a las cosas pesadas (que suelen ser grandes) y describe el espacio-tiempo y la

acción de la gravedad. (...) Hay un problema concreto que es juntar la gravedad con la mecánica cuántica. La teoría de cuerdas lo hace. Así, la teoría de cuerdas sería una teoría abarcativa que permitiría unificar las otras dos y cuyos principios generales, cuando se los encuentre, podrían ser los principios generales de todo el universo físico”.

## Clasificación de las ciencias

Las ciencias se definen y se diferencian entre sí por su objeto, su método y sus objetivos. Carl Hempel (1905-1997) propone una división de las ciencias.



La primera clasificación distingue las ciencias formales de las empíricas. Lo que las diferencia, principalmente, es que las últimas se refieren a los fenómenos del mundo en que vivimos para describirlos, explicarlos y predecirlos. Por eso sus métodos de justificación exigen recurrir a la experiencia —como observación, o como experimentación— para establecer la verdad de sus afirmaciones. En las **ciencias empíricas**, la distancia entre la experiencia humana que es limitada en el tiempo y en el espacio, y la pretensión de las leyes de ser universales implica la necesaria falibilidad de dichas leyes. En otras palabras, las ciencias fácticas, en especial las naturales, pretenden que sus enunciados se refieran sin *excepción*

a todos los fenómenos de un mismo tipo; pero las observaciones o experimentaciones que fundan dichos enunciados sólo abarcan una cantidad finita de casos de tales fenómenos. En consecuencia, nunca es posible estar completamente seguro de su verdad (falibilidad).

En cambio, las **ciencias formales** no se refieren a los fenómenos de la experiencia y, en consecuencia, no dependen de ella para establecer la verdad de sus proposiciones. Ésta se decide mediante procedimientos demostrativos, o sea, mediante la aplicación de axiomas, teoremas y reglas de cálculo, ya sean lógicos o matemáticos. Las ciencias formales no se refieren a las “cosas”, sino a entidades puramente conceptuales como los números, las figuras geométricas o las proposiciones, sus propiedades y sus relaciones. Por eso, si bien las ciencias empíricas recurren a las formales para establecer sus lenguajes, las ciencias formales por sí solas no dicen nada sobre el mundo en que vivimos.

© Liniers, *Macanudo 2*, Buenos Aires, Ediciones de la Flor, 2005, p. 14.



La segunda división de las ciencias se produce dentro de las ciencias empíricas, donde se diferencian las **ciencias naturales** de las **ciencias sociales**. Las primeras se refieren, como su nombre lo indica, a los fenómenos no producidos por el hombre; en cambio, las segundas estudian algunos de los productos de la actividad humana y la conducta humana misma. Además, tienen criterios metodológicos propios.

En los ejemplos dados en el cuadro se evitó incluir a la geografía, la medicina, la ingeniería. Esto se debe a que, en el caso de la geografía (y en el de otras ciencias, como la psicología) según algunos aspectos —el estudio de los accidentes geográficos, o de las eras geológicas— pueden ser consideradas ciencias naturales, mientras que por otros aspectos —la geografía política y la económica, por ejemplo— son ciencias sociales. En este sentido, el mismo Hempel reconoce que “el criterio en virtud del cual se hace esta división [entre las ciencias naturales y las sociales] es mucho menos claro que el que permite distinguir la investigación empírica de la no empírica y no existe acuerdo general sobre cuál es el lugar donde ha de trazarse la línea divisoria”.

En lo que respecta a la medicina o la ingeniería, si bien se nutren de las ciencias naturales (la primera, de la biología, la química, etcétera; la segunda, de la física, etcétera) se las suele considerar como tecnologías, esto es, como aplicaciones prácticas de las ciencias. No obstante, al estudiar qué es la tecnología y cuál es su relación con la ciencia, se observa que la división entre ellas no es clara ni definitiva.

Además esta clasificación excluye por completo la filosofía, las artes en general, la teología, la ética, áreas que otras clasificaciones anteriores abarcaban.

**13.** Busquen otras clasificaciones posibles de las ciencias y compárenlas con la expuesta aquí. ¿Qué observaciones pueden hacer sobre las diferencias? ¿Cuáles son los diferentes criterios de clasificación?

**14.** ¿Por qué piensan que la clasificación de las ciencias de Hempel excluye disciplinas como la filosofía y el arte?

**15.** ¿Qué otros conocimientos quedan excluidos en esta clasificación? ¿Por qué?



*El puente de Courbevoie* (1887) de Georges Seurat (1859-1891), iniciador de la técnica del puntillismo, quien se preguntaba: “Si he podido, con la experiencia del arte, hallar la ley del color pictórico, ¿no puedo descubrir un sistema igualmente lógico, científico y pictórico para componer armoniosamente las líneas de un cuadro del mismo modo que puedo componer sus colores?”.



### La institucionalización de la ciencia

En la actualidad, como observa Heidegger, la ciencia se ha institucionalizado de modo tal que sólo se hace ciencia si se pertenece a ciertas instituciones. Esto responde, por un lado, a que los recursos necesarios para desarrollar una investigación son muy costosos; y por otro, a la estrecha relación que en los últimos tiempos se ha desarrollado entre ciencia y sociedad.



16. Investiguen en qué instituciones se realizan investigaciones científicas en nuestro país. ¿Cuál es su significación social? ¿Aparecen en los medios de comunicación con frecuencia? ¿Por qué motivos?
17. Expliquen con sus palabras el criterio de demarcación en epistemología. ¿En qué otros ámbitos de la cultura convendría emplearlo?

## Métodos científicos

Antes mencionamos la función del método en la ciencia, ahora desarrollaremos cuáles son los métodos científicos clásicos en el ámbito de las ciencias naturales, dado que en ellas se han producido los debates más intensos sobre la validez de los métodos.

### La historia del problema: el criterio de demarcación

Los epistemólogos del siglo XX consideran de mucha importancia discernir y clasificar los tipos de conocimiento. Algunos de ellos, como Karl Popper o los miembros del denominado “Círculo de Viena”, establecieron criterios llamados “de demarcación” para diferenciar los problemas científicos de los “pseudoproblemas”, las disciplinas científicas de las “pseudociencias”, y también la verdadera filosofía (una “filosofía científica”) de los juegos de palabras estériles y sin sentido. Con eso querían forjar una visión científica del mundo. El Círculo de Viena, preocupado especialmente por el sentido o sinsentido de las proposiciones y los problemas, fundó las bases de lo que se conoce como “positivismo o empirismo lógico”.

Popper, con un criterio un poco más amplio que el de los positivistas lógicos, en *La lógica de la investigación científica* (1934), define el problema así: “Llamo *problema de la demarcación* al de encontrar un criterio que nos permita distinguir entre las ciencias empíricas, por un lado, y los sistemas ‘metafísicos’, por otro”. El criterio al que se refiere Popper es un *criterio metodológico*; es decir, una metodología que permita someter a crítica sus afirmaciones y, en consecuencia, demostrar su verdad o falsedad. En consecuencia, los sistemas de conocimiento que admitan la crítica, serán científicos y aportarán conocimiento sobre el mundo y los hombres; los que no la admitan, no serán más que construcciones del pensamiento sin incumbencia en el conocimiento ni pretensiones legítimas de verdad. Para Popper, “Las teorías científicas se distinguen de los mitos simplemente en que pueden criticarse y están abiertas a modificación a la luz de las críticas”. Por esta razón, sostiene que el único método científico es el “método crítico”.

### Inductivismo

Como concepción general del conocimiento científico, su verdad y su progreso, el inductivismo sostiene los siguientes principios.

1. La ciencia es conocimiento verificable y verificado. Esto significa que es posible establecer la verdad de sus proposiciones de manera fehaciente.
2. Esta verdad se establece mediante la experiencia y la observación.
3. La ciencia progresa a medida que verifica sus enunciados.



© Liniers, Macanudo 2, Buenos Aires, Ediciones de la Flor, 2005, p. 72.

## El Círculo de Viena

El grupo se constituyó en Viena, en 1922, alrededor de Moritz Schlick, y reunía a científicos como Hans Hahn y Kurt Gödel (matemáticos), Philipp Frank (físico), Friedrich Waismann y Rudolph Carnap (lógicos), Otto Neurath (sociólogo). Como criterio de demarcación, estableció el requisito de la verificabilidad de las proposiciones como medida de su sentido: si no es posible establecer la verdad de una proposición mediante alguna “traducción” en términos de la experiencia, entonces esa proposición carece de sentido. Por ejemplo, la proposición “La putrefacción de las sustancias orgánicas es producida por la presencia de microbios en el aire” es verificable empíricamente mediante el uso de un microscopio. En cambio, el enunciado “La putrefacción de las sustancias orgánicas es producida por la presencia de una fuerza vital inherente a dichas sustancias”, es inverificable porque no es posible comprobar el concepto de “fuerza vital” a través de la observación.

El punto 2, la verificación de los enunciados mediante la observación, es lo que requiere de un método dado, ya que la observación no puede realizarse de cualquier manera si se quiere garantizar la confiabilidad de los conocimientos. Para el inductivismo, el método apropiado es el inductivo. Este método tiene una larga historia. Fue propuesto por Bacon en su *Novum organum*. Como sus contemporáneos, Bacon consideró que es preciso establecer un método adecuado si se quiere asegurar la verdad del conocimiento. La dificultad que él encontraba en la ciencia de su época consistía en que dejaba poco espacio para el desarrollo de la experiencia como fundamento del conocimiento sobre la naturaleza.

Para Bacon, el objetivo de la “interpretación de la naturaleza” —como llamó a su método— es, por un lado, “hacer salir de la experiencia [recabada sin prejuicios] las leyes generales” y, por el otro, “derivar de las leyes generales nuevas experiencias”. Esta interpretación se basa en la inducción. El inductivismo contemporáneo mantiene en su método, aunque adaptadas al estado actual del conocimiento, algunas de las condiciones propuestas por Bacon. Si el conocimiento sobre los hechos debe obtenerse a partir de la observación, entonces ésta es lo que se debe reunir en primer lugar y, con el fin de garantizar la “objetividad” de esta recolección, deberá realizarse evitando todo supuesto teórico. Los datos así obtenidos deben registrarse mediante una serie de enunciados singulares de observación. Estos enunciados constituyen el conjunto de premisas de un razonamiento inductivo, cuya conclusión será un enunciado general que será considerado como ley. Si los enunciados observacionales son suficientes en número, si contemplan una gran variedad de casos en los que se observa el fenómeno y si ninguno contradice a la ley, entonces la ley será verdadera. Por eso Popper sostiene, en *Realismo y el objetivo de la ciencia* (1956), que un artículo científico escrito por un inductivista contendrá muy probablemente los siguientes apartados.

1. Una explicación de las preparaciones para la observación (los aparatos usados y su preparación, etcétera).
2. Una descripción “pura, imparcial desde el punto de vista teórico, de los resultados del experimento”.
3. Un informe del número y las condiciones de repetición del experimento.
4. Una comparación de los resultados con otros resultados de experimentos realizados por otros científicos.
5. Sugerencias para mejorar las observaciones.
6. Un breve epílogo que contenga una hipótesis surgida de los resultados observados.

El método inductivo fue aceptado durante mucho tiempo como válido para la verificación de las leyes científicas; pero presenta algunas dificultades que hicieron que se buscara un nuevo método. No obstante, las intenciones del inductivismo son las mismas que las de sus críticos: la fundamentación empírica de los enunciados científicos y la garantía de verdad, objetividad e imparcialidad de la teoría. Asimismo, su proceder es racional, condición que también es fundamental para el conocimiento científico. El problema es que, según las críticas, el inductivismo tiene defectos que le impiden alcanzar estos objetivos de manera satisfactoria.



*Estudios del cuerpo humano* (1970) de Francis Bacon (1909-1992), pintor inglés contemporáneo con el que no hay que confundir al filósofo moderno, también inglés, del mismo nombre (1561-1626).

## Críticas al inductivismo

Entre las críticas se encuentra, por ejemplo, la imposibilidad de realizar experimentos y describir sus resultados de manera absolutamente imparcial. La elección de los instrumentos es, por sí misma, una declaración teórica, dado que los instrumentos se apoyan en teorías que aseguran su confiabilidad. Su preparación responde a supuestos que orientarán la experimentación misma y la obtención de resultados. Finalmente, la lectura y aceptación de estos últimos, en consecuencia, supone criterios teóricos de interpretación.

Otra crítica se refiere a la condición de repetibilidad de los experimentos: ¿cuántas veces debe repetirse un experimento para que el resultado sea considerado verdadero? En realidad, no hay un número de experimentaciones que pueda ser estipulado para todas las investigaciones, de modo que esta condición se vuelve imprecisa.

Pero la más importante de las críticas, según Popper, es que la experiencia puede establecer la verdad de un enunciado singular, pero no la de un enunciado universal, como corresponde a una ley científica. Por ejemplo, la experiencia puede verificar un enunciado como “Este perro que tengo frente a mí ladra”; pero no puede establecer la verdad de un enunciado como “Todos los perros ladran” porque los perros a los que se refiere el enunciado son infinitos, pero mis observaciones son siempre finitas. La inferencia que realiza el inductivismo es inductiva; y las inferencias inductivas no están lógicamente justificadas. Este problema ya lo había analizado David Hume (1711-1776), y su conclusión había sido que las observaciones presentes no nos permiten hacer inferencias seguras con respecto a los fenómenos futuros, todavía no acontecidos, que es justamente lo que hacemos al realizar una inferencia inductiva: hacer afirmaciones sobre fenómenos no observados sobre la base de fenómenos observados.

El problema de la inducción es tan desconcertante como irresoluble. Por eso, Popper considera que el método inductivo no constituye una herramienta adecuada de justificación de las teorías, ni un criterio adecuado de demarcación.

**18.** Expliquen los pasos del método inductivo. Busquen algún ejemplo en libros de ciencias.

**19.** Expliquen las dificultades que tiene el método inductivo.

**20.** Las inferencias inductivas son las que nos permiten dormir tranquilos, confiados en que “mañana saldrá el

sol” (en el sentido de que no colapsará, ni se apagará), “mañana la parada del colectivo estará en el mismo lugar”, “mañana el piso me sostendrá cuando me pare sobre él”, etcétera. Den ejemplos de otras inferencias inductivas en las que nos apoyamos en la vida cotidiana.

## Falsacionismo y método hipotético deductivo

El concepto más problemático para la concepción inductivista de la ciencia es, según Popper, la verificación, ya que la experiencia no permite de ninguna manera verificar enunciados universales como son las leyes científicas. Entonces ¿qué es lo que la experiencia permite establecer sobre ellas? En principio, su *falsación*. Esto quiere decir que el enunciado “Todos los perros ladran” puede ser falsado por un enunciado de observación verdadera que diga “Este perro que tengo frente a mí *no* ladra”. Por esta razón, Popper sostiene que no existe ningún método para verificar las teorías, sino que solamente existen métodos de falsación de dichas teorías.

Teniendo en cuenta su criterio, y en contraste con la organización inductiva de un artículo científico, Popper propone la siguiente guía de organización de un trabajo experimental.

1. Una exposición clara y completa del problema, que puede incluir su historia, esto es, la formulación inicial del problema, los intentos de solución, las variaciones que ha sufrido, etcétera.
2. Un examen detallado de las hipótesis concernientes al problema.
3. La enunciación precisa de la hipótesis que se pondrá a prueba en esa investigación en particular.
4. Una descripción de los experimentos y sus resultados.
5. Una reelaboración del problema a la luz de los resultados obtenidos.
6. Sugerencias para investigaciones posteriores.

Estos pasos describen con fidelidad lo que se conoce como *método hipotético-deductivo*. A diferencia del inductivo, en primer lugar, este método no prohíbe los supuestos teóricos; antes bien, no sólo los acepta sino que exige que los explicitemos al inicio de la investigación como antecedentes de un problema. Esto es así porque no se considera que el científico empieza a investigar sobre cualquier cosa de manera arbitraria sino porque existen en la tradición científica situaciones irresueltas ya sea en la teoría, o en la relación entre la teoría y la experiencia, que impulsan la investigación. En segundo lugar, el método exige la formulación de hipótesis. Una hipótesis es una posible respuesta al problema que, en virtud de los conocimientos teóricos y de experimentaciones pasadas, plantean los científicos. Y este método tiene, como condición fundamental, que las hipótesis que proponen los científicos sean falsables, es decir, que sea posible establecer su falsedad mediante la experimentación y la observación.

Es importante no confundir los términos *falsable* y *falsado*. Una hipótesis falsada o falsa es una hipótesis que ha sido contradicha por algún enunciado de observación. Una hipótesis corroborada o confirmada es una hipótesis que, por el momento, no ha sido contradicha por ningún enunciado de observación. En ambos casos, es condición que la hipótesis sea falsable. Si no lo fuera, no sería posible decidir su provisoria verdad ni su falsedad.



*Fitotron* (1973) del artista argentino Luis Benedit (1937).

Arte y experimentación científica: el artista elaboró un hábitat natural-artificial con el fin de observar el comportamiento de las plantas sometidas a diversos estímulos.

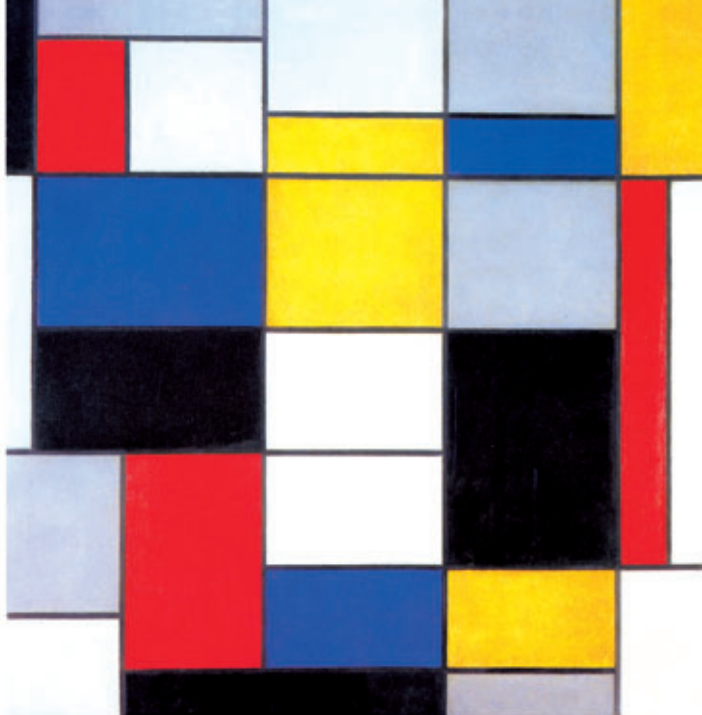


*Gran composición* (1920), del holandés Piet Mondrian (1872-1944), que aspiraba a un arte claro y disciplinado que reflejara las leyes objetivas de la naturaleza.

### El saber de la ciencia

“En ciencia no existe un saber en el sentido que solemos dar normalmente a esta palabra. El saber 'científico' no es un saber: es sólo un saber conjetural. Puede darse el caso de que se produzca un cambio en el núcleo mismo de la ciencia, justo donde menos pudiera sospecharse, que traiga consigo un cambio de todo lo demás.”

Karl Popper



Una hipótesis es falsable cuando existe un conjunto no vacío, es decir, un conjunto que contenga posibles enunciados singulares de observación que funcionan como sus potenciales falsadores, esto es, que de ser verdaderos, implicarían que la hipótesis es falsa. Por ejemplo, el enunciado “Los volcanes entran en erupción por fallas en la corteza terrestre que dejan salir metales y gases del núcleo” es falsable, porque existe un enunciado de observación que, de ser verdadero, implicaría la falsedad del anterior. La verdad de este enunciado falsador se establecerá mediante la experimentación pertinente. En cambio, el enunciado “Los volcanes entran en erupción porque los dragones que viven en ellos luchan entre sí” no es falsable, dado que no existe ningún potencial falsador para él. ¿Cuál podría ser, si no es posible realizar enunciados de observación que contengan dragones?

Finalmente, en ningún paso se establece la verdad de las hipótesis. Solamente, se habla de la reelaboración del problema según el resultado de las experimentaciones. Esto significa que, de resultar verdaderos los enunciados falsadores, será necesario revisar la hipótesis, dado que resultó ser falsa, o incluso revisar la formulación del problema que tuvo esa hipótesis como respuesta.

En esto consiste el *método crítico* que Popper defiende: en proponer hipótesis muy falsables como respuestas a los problemas de la ciencia e intentar refutarlas. Si se refutan, entonces las hipótesis serán descartadas y otra nueva ocupará su lugar; si no se refutan, entonces se dirá que “resisten” a los intentos de falsación, serán consideradas como “confirmadas” y formarán parte del cuerpo de proposiciones que constituyen el conocimiento científico. La condición del progreso científico, desde este punto de vista, es el supuesto de su falibilidad que evita que la crítica se obstaculice y se adopten posiciones dogmáticas.

### Críticas al falsacionismo

La teoría epistemológica de Popper ha sido criticada, tanto para mejorarla, como para rechazarla. Imre Lakatos (1922-1974), discípulo de Popper, intentó resolver algunas dificultades del falsacionismo en su versión más simple mediante lo que llamó la concepción de los “programas de investigación científica”. Thomas Kuhn (1922-1996), por su parte, propuso la “teoría de los paradigmas” con el fin de ofrecer una concepción del progreso científico que integrara la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia, aspectos que el falsacionismo no tiene en cuenta.



ACTIVIDADES

**21.** Expliquen las principales diferencias entre inductivismo y falsacionismo.

**22.** Expliquen los pasos del método hipotético-deductivo. Busquen algún ejemplo en libros de ciencias.

**23. a.** Expliquen el concepto de falsabilidad.

**b.** Analicen los siguientes enunciados y digan si son falsables o no. Si lo son, propongan un potencial falsador. Si no lo son, expliquen por qué.

■ Todos los planetas tienen luz propia.

■ Los ángulos interiores de un triángulo suman dos rectos.

■ Todos los niños tienen un ángel de la guarda.

■ La naturaleza tiene horror al vacío.

■ Las especies evolucionan por selección natural.

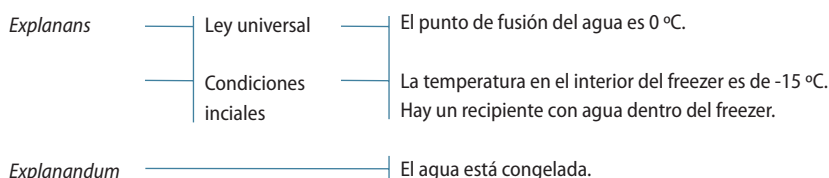
## Explicar, predecir

Hemos dicho que la ciencia no se limita a describir el mundo en que vivimos, si bien descubrir ciertas regularidades es una de las funciones de la ciencia. Además de enunciar dichas regularidades, la ciencia busca explicarlas, es decir, busca el *porqué* de las regularidades. Por ejemplo, fue un descubrimiento importante establecer que las órbitas de los planetas del sistema solar son elípticas y no circulares. Sin embargo, ahí no terminó la investigación dado que luego fue necesario encontrar una explicación de por qué eran así.

Una explicación es, en consecuencia, una respuesta a la pregunta por el porqué de un determinado fenómeno. De ahí que si preguntamos por qué se congela el agua en un freezer, por qué se forma el arco iris, por qué los seres humanos no tienen cola, por qué se produjo la Revolución de Mayo, por qué la inflación no se detiene, en todos los casos estamos pidiendo una explicación.

Ahora bien, no todas las preguntas que enumeramos se responden de la misma manera, no todas requieren el mismo tipo de explicación. Se sostiene que las explicaciones científicas más rigurosas son las de tipo causal, es decir, las explicaciones que pueden establecer la causa de los fenómenos. Y la mejor forma de exponer la causa de los fenómenos es mediante el establecimiento de una ley general a partir de la cual se pueda deducir. Este tipo de explicación es conocido como *explicación deductivo-nomológica*: deductiva, porque tiene la forma de una deducción; nomológica, porque contiene entre sus premisas al menos una ley universal (*nomos*, en griego, significa ley).

Una explicación deductivo-nomológica consta de un *explanans* que es el conjunto de enunciados formado por la ley y ciertas condiciones necesarias para que acontezca el fenómeno; y un *explanandum*, que es el enunciado que describe el fenómeno que se quiere explicar. El *explanans* conforma las premisas y el *explanandum*, la conclusión del razonamiento. Así, si queremos explicar por qué el agua se congela en el freezer, podremos construir la explicación de la siguiente manera:



Una de las razones por las que este tipo de explicación es indiscutidamente científica es que puede establecer predicciones potenciales. Y esto constituye uno de los aspectos más interesantes de la ciencia: referirse a lo no observado a partir de lo observado, precisar el futuro a partir del presente. En nuestro caso, si la ley universal está corroborada, y las condiciones iniciales son verdaderas y además de ser necesarias son suficientes para que se produzca el fenómeno, entonces podremos predecir, mediante este esquema deductivo-nomológico, lo que sucederá con el agua que acabamos de guardar en el freezer. De hecho, muchas predicciones en la historia de la ciencia tienen este carácter y muchas predicciones que hacemos en la vida cotidiana, también. No obstante, advierte Carl Hempel, esto no siempre es así, sobre todo si el *explanandum* es un caso particular: nada impide que otro caso particular requiera de otras condiciones diferentes. “La afirmación de que las leyes y teorías de forma determinista nos permiten predecir ciertos aspectos del futuro a partir de la información acerca del presente debe ser tomada con moderación.”

24. Expliquen qué significa explicar.

25. Con los siguientes datos, construyan una explicación deductivo-nomológica cuyo *explanandum* sea: “Las zanahorias que comimos al mediodía tenían poco sabor”. Datos: “La zanahoria es parte de la raíz de la planta. Cuando se dejan las hojas puestas, siguen usando nutrientes y agua de la raíz, dejándola más sosa y seca. Cuando volvimos de la verdulería, no le sacamos las hojas a las zanahorias antes de guardarlas en la heladera”. (Pablo Amster, *El cocinero científico*).





Karl Raimund Popper (1902-1994), filósofo austriaco.

## El problema del método en las ciencias sociales

Como se mencionó, el método inductivo y el método hipotético-deductivo se desarrollaron para las ciencias naturales. Ahora bien, si el método es utilizado como criterio de demarcación, eso implica que las disciplinas que no se ajusten o no puedan ajustarse a tal método, no son científicas. La pregunta ahora es si las ciencias sociales pueden ajustarse a los métodos de las ciencias naturales, o no. Alrededor de este debate existen varias posiciones. Los que consideran que debe existir un único método para todas las ciencias son llamados *monistas metodológicos*. Este es el caso del Círculo de Viena, por ejemplo, que sostenía el ideal de la "ciencia unificada" y para el cual una sociología científica o una psicología científica debería tener un carácter inductivo. También es el caso de Popper, quien sostiene que su "método crítico" vale tanto para las ciencias naturales como para las ciencias sociales dado que no sólo es racional, sino también el más razonable porque es la única forma de que evitemos el dogmatismo en las ciencias sociales. Popper dice: "Existe un único método al que podría llamarse 'el único método de la filosofía'. Pero no es característico solamente de ésta, sino que es, más bien, el único método de toda *discusión racional* y, por ello, tanto de las ciencias de la naturaleza como de la filosofía: me refiero al de enunciar claramente los propios problemas y de examinar *críticamente* las diversas soluciones propuestas. He escrito en cursiva las palabras 'discusión racional' y 'críticamente' con objeto de subrayar que hago equivalentes la actitud racional y la actitud crítica".

La consecuencia es que, cuando se aplica su método como criterio de demarcación y se examinan algunas disciplinas sociales, el resultado es que ni el psicoanálisis, (entre otras teorías de la psiquis), ni la sociología o la economía marxistas serían falsables y, en consecuencia, no podrían contarse entre las disciplinas científicas.

En cambio, otros epistemólogos y filósofos consideran que, dado que los fenómenos que estudian las ciencias sociales no son los mismos que los fenómenos naturales, sus fines tampoco serán los mismos y los métodos que utilizarán para alcanzarlos, en consecuencia, diferirán. Esta posición se conoce como *dualismo metodológico*, porque propone dos metodologías, una para cada tipo de ciencia. ¿Cuál es la diferencia entre los fenómenos sociales y los naturales? Esta diferencia se suele establecer alrededor de las siguientes características.

1. Los fenómenos naturales son "datos", están ahí, los seres humanos no los producen sino que los "encuentran"; en cambio, los fenómenos sociales, en general, son producidos por la humanidad.
2. Los científicos sociales están supuestamente mucho más comprometidos en sus investigaciones que los científicos naturales; es más: la investigación misma puede modificar el objeto que estudia sin darse cuenta, de modo que responda a los resultados esperados por los científicos.
3. Los fenómenos naturales son invariantes (una vez que Kepler estableció las características de la órbita del planeta Marte, no fue necesario estudiar las del resto de los planetas una por una, dado que se trataba de un conocimiento *matemático*, como explicamos más arriba); en cambio, el conocimiento de una sociedad humana no permite inferir las características de otras sociedades, ni siquiera de la misma sociedad en otro momento de su historia.
4. Mientras que las leyes naturales son universales, es discutible que las ciencias sociales puedan establecer leyes con la misma universalidad que las naturales, dado que no tiene sentido establecer leyes universales para situaciones irrepetibles.



**26.** Expliquen las diferencias entre las ciencias naturales y las ciencias sociales.

**27.** Según lo leído, ¿están más de acuerdo con el monismo, o con el dualismo metodológico? ¿Por qué?

## Vico y la ciencia nueva

Las características propias de los fenómenos sociales harían creer, y de hecho así se pensó, que la naturaleza es más fácil de conocer que los fenómenos humanos o, más aún, que es imposible una ciencia de lo humano. Sin embargo, ya a comienzos del siglo XVIII, Giambattista Vico opone una “ciencia nueva” a la física: se trata de la historia. Vico sostiene la idea de que el artífice de una cosa es quien mejor puede conocerla. Por esa razón, la geometría y la matemática son las ciencias mejor conocidas, porque son producto de la razón humana. “La norma de lo verdadero es haberlo hecho.” En consecuencia, si comparamos la naturaleza con las sociedades y la historia, ¿qué será más fácilmente cognoscible para los hombres? La respuesta que da Vico en su *Ciencia nueva* (1725) es fácil de imaginar: “Este mundo civil fue sin duda hecho por los hombres, lo que hace que se pueda —porque se debe— encontrar sus principios en el interior de las modificaciones de nuestra mente humana. A cualquiera que reflexione sobre ello, debe producirle asombro el que todos los filósofos hayan procurado seriamente obtener la ciencia de este mundo natural, del cual —puesto que lo hizo Dios— sólo él la posee; y se olvidan en cambio de meditar sobre este mundo de las naciones, el mundo civil, del cual —porque lo han hecho los hombres— podían éstos lograr su ciencia”. ¿Es esto posible, teniendo en cuenta la variabilidad de los fenómenos de la historia? Sí, la clave está en encontrar la regla según la cual los pueblos y las naciones se desarrollan en la historia: esa regla es tan racional como los hombres, y como pretenden que sea la naturaleza.

## La particularidad de las ciencias sociales

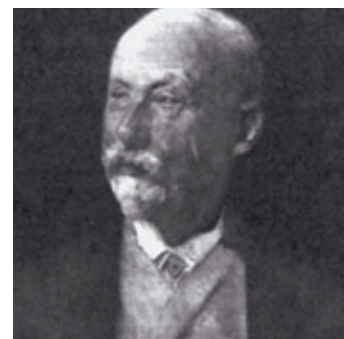
En el siglo XIX, Wilhelm Dilthey defendió la particularidad de las “ciencias del espíritu” en oposición a las ciencias de la naturaleza. La implicación del hombre en su historia y su cultura, para Dilthey, lejos de ser un impedimento para la ciencia social, es una ventaja. Que los seres humanos conozcan la sociedad significa que la sociedad se conozca a sí misma: sujeto y objeto son lo mismo y, en consecuencia, el conocimiento será el más verdadero. Es más: la ciencia social es independiente de la ciencia natural pero no viceversa, porque la ciencia natural es un producto de la actividad humana tal como lo son la historia, la cultura y las estructuras sociales.

El método propio de las ciencias sociales no es un método tendiente a la explicación sino a la *comprensión* de la realidad humana. Y, entre los métodos que se han propuesto para la comprensión, se encuentra la hermenéutica. Según Gadamer, la comprensión es el resultado de una tarea de interpretación. ¿Qué se interpreta? Símbolos, documentos, monumentos, obras de arte, testimonios de los individuos, mitos, la ciencia misma, son “textos” que los científicos sociales interpretan con el fin de establecer una ciencia de la historia, de la sociedad, del arte, de la ciencia. Sin embargo, en esta tarea existe una dificultad que Dilthey no señaló: que el “horizonte”, o sea, los significados válidos para un hombre del siglo XVIII, no es el mismo, ni es recuperable para un investigador del siglo XXI.

Según Dilthey, los significados que compartimos en nuestra sociedad y que consideramos “naturales”, serían compartidos por los de las sociedades de otros siglos. Pero ¡a veces, ni siquiera compartimos los mismos significados que nuestros propios padres! ¿Es posible quitarnos esos significados como si nos quitáramos un par de zapatillas y acceder a los significados de la época o la cultura que queremos estudiar? No, no lo es. ¿Cómo es posible que haya ciencia, entonces? El conocimiento de los fenómenos humanos supone que se efectúe una “fusión de horizontes”; esto es, que el investigador (que es al mismo tiempo testigo y recreador de su objeto) esté alerta con respecto a sus propios significados para que le sea



Giambattista Vico (1668-1744), historiador y filósofo italiano.



Wilhelm Dilthey (1833-1911), filósofo alemán.

---

**28.** ¿Consideran que las disciplinas sociales son “verdaderamente” científicas?

**29.** Busquen ejemplos de situaciones históricas que exijan la reflexión sobre los supuestos de nuestra época para comprenderlas. Por ejemplo, ¿cómo se interpretaría el número de hijos que tenían las familias campesinas hasta la primera mitad del siglo XX?



posible percibir los significados de otros. Por ejemplo, cuando uno discute con un amigo y de pronto el amigo dice: “No me estás escuchando, seguimos discutiendo pero estamos diciendo lo mismo”, eso quiere decir que no estamos atentos a nuestros propios supuestos y que, en consecuencia, no comprendemos al otro. Del mismo modo, el investigador social debe estar atento a sus propios supuestos para poder acercarse a los supuestos de su objeto de conocimiento. Esto es fundamental en el método hermenéutico. El resultado de la fusión no es la imposición de un horizonte sobre el otro, ni un encuentro “a medio camino” de ambos, sino un nuevo sentido. ¿Se alcanza alguna vez la comprensión total y absoluta? No, no es posible. Por eso, para la teoría hermenéutica, la interpretación es una tarea infinita, y la verdad está siempre abierta.

## Debates epistemológicos contemporáneos

De los debates contemporáneos sobre la epistemología, comentaremos la posición de Paul Feyerabend (1924-1994). Este discípulo de Popper expuso las bases de su “anarquismo metodológico” en *Contra el método* (1974). Allí, sostiene que “nos encontramos con que no hay una sola regla, por plausible que sea, ni por firmemente basada en la epistemología que venga, que no sea infringida en una ocasión o en otra. Llegamos a ser evidente que tales infracciones no ocurren accidentalmente (...) [sino] que son necesarias para el progreso”. Dicho en otras palabras, lo que sostiene Feyerabend es que las prescripciones metodológicas, lejos de asegurar el progreso de la ciencia, la obstaculizan y lejos de incentivar la creatividad del científico, la esterilizan. Así ocurre, observa el autor, con los estudiantes de ciencias, que pierden su entusiasmo y su creatividad a medida que hacen su carrera. Para Feyerabend, la prueba de eso es que los descubrimientos más importantes se hicieron no siguiendo las reglas de un método, sino transgrediéndolas. Por eso, propone que la única prescripción metodológica tiene que ser la de “todo vale” y que, antes que el método inductivo hay que practicar la *contrainducción* (o sea, enunciar leyes generales aunque las experiencias particulares inicialmente las contradigan).

Esta actitud anti-metodológica está acompañada por una posición muy clara sobre la función social de la ciencia y la relación de la ciencia con otras disciplinas. Feyerabend no admite la tesis de la neutralidad social de la ciencia. Esta tesis se suele denominar también la concepción de la “ciencia-martillo”, dado que consiste en comparar la producción científica con una herramienta que puede ser usada tanto para el bien (construir una casa) como para el mal (matar a alguien de un golpe). Pero la decisión sobre su utilización no es tomada por el martillo sino por la persona que lo utiliza. Análogamente, la ciencia y los científicos no toman decisiones con respecto a cuáles serán las aplicaciones de sus descubrimientos y por eso no son éticamente responsables de las implicaciones sociales de la ciencia, sino neutrales. Pero Feyerabend no está de acuerdo con esto. Él piensa que el hecho de producir conocimiento no da ningún privilegio a la ciencia y que, en consecuencia, está tan sujeta al control ético como cualquier otra actividad humana.

### ¿Ciencia, tecnología, o tecnociencia?

¿En qué consiste y cómo se define la relación entre ciencia y tecnología? Esta pregunta ha sido objeto de intensas discusiones para los filósofos de la ciencia y los filósofos de la tecnología. En primer lugar, no llamaremos tecnología al uso de cualquier herramienta con el fin de lograr resultados eficaces. Muchos pueblos utilizaron *técnicas* de labranza,



*El sueño de la razón produce monstruos* de la serie de grabados “Los caprichos”, del pintor español Francisco Goya (1746-1828).



**30.** ¿Cómo explicarían la siguiente opinión de Feyerabend?

“La razón es una dama muy atractiva. Los asuntos con ella han inspirado algunos maravillosos cuentos de hadas, tanto en las artes como en las ciencias. Pero es una característica peculiar de esta singular dama que el matrimonio la cambia en una vieja bruja parlanchina y dominante.”  
Feyerabend, *Adiós a la razón*.

de tejido, de guerra, de construcción de edificios, pero esas técnicas no pueden ser consideradas tecnologías en el mismo sentido en que actualmente hablamos de ellas.

A medida que se desarrolló la tecnología y que su presencia fue más frecuente en la vida cotidiana, se modificó el concepto de tecnología y se hizo más complejo. En este sentido, considerarla simplemente como un conjunto de instrumentos o aparatos que prolongan o refuerzan las capacidades humanas, es contentarse con un concepto muy elemental. No excluye la producción y utilización de aparatos o máquinas, pero no se limita a ello. Tampoco alcanza con oponer lo técnico a lo natural, identificando a los aparatos o las máquinas como objetos y procedimientos artificiales, opuestos a los objetos naturales.

Algunos consideran que una condición para que haya tecnología es que resulte de la aplicación práctica de los conocimientos científicos. En consecuencia, si bien los egipcios usaron la palanca en la construcción de sus pirámides, eso no significa que ese uso fuera tecnológico dado que no conocían los principios físicos que rigen los fenómenos de ese tipo. Desde este punto de vista, la tecnología no sería otra cosa que la “ciencia aplicada”, sumada a la técnica en la fabricación de objetos, edificios, etcétera.

Pero la relación entre ciencia y tecnología va también en sentido inverso: sin el desarrollo tecnológico, la ciencia no podría avanzar en la actualidad. Los instrumentos que los científicos necesitan para realizar experimentos y observaciones son tecnológicos y no sólo los usan para resolver problemas sino que el planteo de algunos problemas depende, a veces, también de la tecnología.

El filósofo de la tecnología Fernando Broncano admite que los objetivos de la ciencia son diferentes de los de la tecnología, porque sostiene que la primera busca explicar y la segunda busca transformar la realidad. También admite que los criterios para evaluar la ciencia no son los mismos que aplicamos para evaluar la tecnología. Sin embargo, encuentra una identificación entre ambas en lo que respecta al método: “... la forma de innovación que introduce la tecnología es la aplicación del método científico a la praxis humana”. En consecuencia, se puede decir, que lo que define la tecnociencia es su *mirada*. Los aztecas desarrollaron sistemas numéricos y de cálculo, los egipcios utilizaron herramientas para construir pirámides, los griegos descubrieron leyes que aún consideramos verdaderas; pero la mirada de estas civilizaciones no era una *mirada tecnológica*. La mirada tecnológica supone, en primer lugar, como observa Broncano, la *generalización del método científico para todas las actividades humanas*. Pero esto, a su vez, supone la ruptura del hombre con el mundo en que vive, la aparición de la naturaleza como un “objeto de estudio” y como un “stock de recursos”. El concepto de “recursos naturales” o el ideal de “volver a lo natural” serían tan absurdos para los antiguos o para los medievales como para nosotros lo son sus dioses y sus mitos.

## Tecnologías sociales

La tecnología no supone solamente una mirada sobre la naturaleza, sino también una mirada sobre la sociedad y los seres humanos. Así como se usan los recursos naturales, también se “administran recursos humanos” y existen técnicas específicas para hacer que los empleados sean más eficientes, que los alumnos aprendan mejor, que los mercados funcionen satisfactoriamente, que se optimice la producción industrial, que los países progresen. Así, la psicología laboral, la psicopedagogía, la economía diseñan tecnologías, es decir, dispositivos que, apoyados en algún conocimiento sobre los hombres, buscan optimizar sus actividades para que sean “eficientes” o “productivas” y, al evaluar los resultados, adquieren mayor conocimiento sobre la humanidad. Una condición de aplicación de estas tecnologías es su inserción en instituciones sociales: escuelas, hospitales,



*Universo* (1934) de Alexander Calder (1898-1976). Móvil impulsado por motor. Este escultor estadounidense estudió ingeniería y se interesó en un arte que reflejara las leyes matemáticas del universo. Pero dicho arte no podía ser rígido ni estático, porque el universo está en constante movimiento, aunque siempre en equilibrio. Ese equilibrio lo inspiró para la construcción de sus móviles.



*Hidroactividad cósmica* (1975), obra accionada mecánicamente, del artista argentino Gyula Kosice (1924).

fábricas, oficinas, etcétera. Michel Foucault denominó “disciplinarias” a estas instituciones porque así como las tecnologías aplicadas a la naturaleza permiten transformar, por ejemplo, el agua del río en energía, las tecnologías sociales permiten transformar el cuerpo del hombre y su tiempo de vida en fuerza de trabajo. Y estas instituciones son, a la vez, ámbitos de aplicación y de producción de conocimiento tecnológico, dado que los dispositivos también son medios para obtener conocimiento sobre los seres humanos.

En el orden social, el método científico influye en la consideración de las políticas de los gobiernos. Es frecuente escuchar comentarios como el siguiente al referirse a los ministros de Economía: “No estoy de acuerdo con sus ideas, pero es un buen técnico”. ¿Qué supone esta frase? Implica que, si bien las ideas pueden ser equivocadas, una buena técnica no permite cometer errores porque, y he aquí otro supuesto, la técnica es verdaderamente “neutral”. Implica, también, que en la conducción de un país, no importan los proyectos, los fines, sino los medios. Esta ideología que promueve el predominio de la técnica en la organización del Estado y la sociedad, se denomina “tecnocracia”.

### Cientificismo vs. humanismo

Éstas y otras implicaciones de la tecnología han llevado a científicos, filósofos y a la sociedad en general a preguntarse por el valor de la tecnología. Las dos posiciones extremas sobre este problema son: por un lado, la de un optimismo que caracteriza a la posición “cientificista” o “ingenieril”, y por el otro, la posición “humanista” que rechaza toda aplicación tecnológica y profesa un pesimismo tan acrítico como el optimismo ingenieril. Los primeros se caracterizan por reconocer que la tecnología ha provocado efectos nocivos en la naturaleza, como la contaminación, o que sus adelantos pueden tener consecuencias éticamente discutibles, como la manipulación genética y la clonación. Sin embargo, sostienen también que la tecnología no debe ser obstaculizada por ninguna regulación externa, dado que sólo ella puede encontrar la solución a los problemas que su intervención genera. Desarrollo tecnocientífico equivale a desarrollo humano.

Por su parte, la posición humanista rechaza la concepción “objetivista” e “instrumental” de la naturaleza que supone la técnica, porque implica una discontinuidad entre el hombre y la naturaleza; y alerta sobre los peligros de un desarrollo autónomo de la tecnología que avanzaría “en contra” de ellos. Este peligro es todavía más abarcativo que la contaminación ambiental o la fabricación de armamento: es un peligro de “des-humanización”. A mediados del siglo XX, se desarrollaron movimientos contraculturales que buscaban rescatar lo natural y lo sentimental en el hombre, aspectos que la sociedad occidental había reemplazado por la racionalidad tecnológica.



**31.** Armen tres grupos: uno de ellos asume la concepción ingenieril, el segundo, la concepción humanista; y el tercero será jurado. Los dos primeros grupos exponen sus argumentos. Después, preguntan y debaten entre los tres grupos. Por último, el jurado elabora una conclusión.

## A MODO DE SÍNTESIS

- Epistemología viene del griego *episteme*, que significa conocimiento o ciencia y que Platón oponía a *doxa*.
- A veces se considera la epistemología como teoría del conocimiento en general y, a veces, se la estudia como filosofía de las ciencias.
- Los problemas epistemológicos estudiados constituyen reflexiones sobre la ciencia. En un nivel general, reflexionamos sobre la presencia de la ciencia en nuestra vida cotidiana,

y las implicaciones del desarrollo tecnológico y científico en la sociedad. En un plano histórico, desarrollamos el origen de la visión científica sobre la naturaleza y el hombre. Finalmente, en un nivel epistemológico más restringido, discutimos la definición de ciencia y su clasificación, el concepto de teoría científica, las características de las metodologías inductivista e hipotético-deductiva y la discusión metodológica sobre las ciencias sociales y las ciencias naturales.

# Clonación

LA CLONACIÓN ES LA POSIBILIDAD DE CREAR ARTIFICIALMENTE UN SER VIVO EXACTAMENTE IGUAL A OTRO A PARTIR DE LAS CÉLULAS DEL PRIMERO.

ENTREVISTA A JOHN SULSTON, PREMIO NOBEL DE MEDICINA 2002

## ADN - 0 una ciencia sin secretos

John Sulston fue el director del laboratorio de Cambridge que lideró las investigaciones del Proyecto Genoma Humano que el 26 de junio de 2000 hizo pública toda la información científica del caso. El Proyecto se había propuesto “secuenciar” el ADN humano, esto es, dar con el mapa completo, con “la totalidad de la información necesaria para hacer un ser humano”. No exagera Sulston cuando dice que dominar el ADN, el conjunto de instrucciones que hacen un ser humano, “es una de las empresas más trascendentales de la ciencia moderna”. No sólo por el saber que esto implica sino por las aplicaciones que puede tener para la cura de enfermedades o, en general, para toda manipulación genética.

El Proyecto iba a culminar en 2005 pero en 1998 se publicó que la empresa privada norteamericana Celera Genomics conseguiría secuenciar el genoma antes y más barato. En los EE.UU. las leyes de patentes permiten a las empresas apropiarse de ciertos saberes.

Las investigaciones realizadas en Gran Bretaña, los Estados Unidos, Japón, Francia y Alemania, financiadas con fondos públicos, llegaron antes que Celera. Pero de todos modos, aquel anuncio y la constante presión del *lobby* privado obligaron a los científicos a “hacer política” dentro de la ciencia “para asegurar que

el genoma humano permaneciera en el ámbito público”.

El proyecto se convirtió así en una competencia por lograr que no se frenaran los fondos necesarios para llegar al final de la secuenciación, por garantizar el uso público de la información científica y por evitar que Celera u otra firma patentara los descubrimientos relativos al genoma y sus futuras aplicaciones. Sulston describe esto como una serie de suspenso en la que, por el momento, ganaron los “buenos” pero en la que los “malos” no desaparecieron: al contrario, volverán, ya que esta historia continúa.

—El uso de la ciencia para fines injustos también era tema de debate cuando comenzó su carrera académica, en 1969. ¿En qué medida cambiaron las cosas desde que se vio dentro del Proyecto Genoma Humano?

—Cuando empecé a trabajar, la biología no tenía valor comercial: era investigación pura. Mis primeros trabajos con el gusano nematodo, cuando hacía el seguimiento de la célula que se multiplicaba, no tenían valor comercial y entonces no se me planteaban dilemas sobre las consecuencias sociales de lo que hacía. En realidad, me preocupaba pensar que no estaba haciendo ningún bien al mundo. Decía “¿Para qué sirve esto?”. Hoy, viendo cómo resultaron las cosas, esto suena

irónico. Aquel trabajo fue muy útil para el Proyecto.

—¿En qué tareas políticas concretas participa?

—Soy miembro de la Comisión Genética Humana, un cuerpo asesor del gobierno británico que tiene como objetivo aprobar una ley que no permita a los empleadores y a las empresas de seguros discriminar a los ciudadanos según los resultados de tests que indiquen la predisposición genética a padecer ciertas enfermedades.

—Dada la forma en que la ciencia se impone a la humanidad ¿nunca pensó que no saber podía llegar a ser mejor?

—La ciencia no se impone: progresa democráticamente, racionalmente. No discrimina ni impone la autoridad de un dogma, como la Iglesia se lo impuso a Galileo Galilei y a otros en el pasado.

—Los usos de la ciencia sí se imponen, sean beneficiosos o no, discriminan genéticamente o no.

—La ciencia es compleja, pero no puedo imaginarme la vida sin la aspiración constante a saber más, sean cuales fueren los resultados.

*Revista Ñ, 19/6/2004 (adaptación).*

**32.** ¿A quiénes se refiere John Sulston cuando habla de “los buenos” y “los malos”? ¿Por qué los considera de ese modo?

**33.** A partir de la historia relatada por Sulston, ¿consideran que es posible la independencia de la ciencia

respecto del control social, de las políticas científicas, de las políticas tecnológicas de los gobiernos?

**34.** ¿Cuáles pueden ser las consecuencias del uso privado de la información sobre el genoma humano? ¿Cómo puede incidir en ustedes?



# ACTIVIDADES DE INTEGRACIÓN

**35.** La obra de teatro *Copenhagen* (1998) del dramaturgo, periodista y traductor inglés Michael Frayn trata sobre el encuentro que se produjo en Copenhague, en 1941, en plena Segunda Guerra Mundial, entre el físico danés Niels Bohr y el alemán Werner Heisenberg. En 1913, Bohr había formulado los principios esenciales de la descripción cuántica de los átomos, proponiendo el llamado "modelo de Bohr". Heisenberg, por su parte, publicó en 1925 un trabajo considerado fundacional sobre la mecánica cuántica. Por muchos años, los historiadores y los científicos discutieron sobre las actividades de Heisenberg durante el nazismo, dado que, durante toda la guerra, permaneció en Alemania; y, en ese tiempo, frecuentó las cimas del poder y lideró investigaciones para estudiar temas vinculados con el desarrollo de reactores nucleares, como las armas "atómicas". El gran misterio en torno del encuentro entre Heisenberg y Bohr es el siguiente: ¿Heisenberg buscaba un intercambio de ideas científicas con el genio danés, o pretendía su colaboración para el desarrollo de proyectos armamentísticos? Mediante el estudio de múltiples fuentes, Michael Frayn intentó reconstruir lo que tal vez acaeció en ese enigmático encuentro. La reunión entre los dos físicos de vanguardia quedó atravesada por el espíritu del fundamental descubrimiento de Heisenberg: el principio de incertidumbre que, desde su postulación en 1927, asegura la imposibilidad de medir, a un mismo tiempo, la posición y la velocidad de una partícula. Como todo principio profundo de física avanzada, un halo de oscuridad y dificultad envuelve su correcta comprensión. Incertidumbre y oscuridad tiñen también lo que ocurrió en el encuentro, que no fue develado por ninguno de ellos.



Escena de la obra *Copenhagen* representada en el Teatro San Martín de la Ciudad de Buenos Aires.

- Busquen información sobre el contexto histórico europeo en 1941.
- ¿Cuáles son los acontecimientos históricos más importantes en relación con las armas atómicas?
- Discutan acerca de cuál les parece que es la responsabilidad ética de los científicos.
- Busquen noticias sobre el desarrollo de este tema en la actualidad.

## 36. Ciencia y literatura

**a.** Lean los siguientes cuentos de ciencia ficción en los que se trata el origen del universo:

- "La última pregunta" de Isaac Asimov, en *El hombre bicentenario*.
- "Todo en un punto" de Italo Calvino, en *Cosmicómicas*.

**b.** Comparen los cuentos con:

- el relato de la creación del mundo según el Génesis.
- la teoría del Big-bang.

¿Son compatibles? ¿Por qué?

**37.** Elaboren un mapa conceptual que contenga los siguientes términos: ciencia, literatura, mito, verdad, verificabilidad, explicación, comprensión, interpretación.

## 38. El viejo y el nuevo saber

**a.** El siguiente párrafo pertenece al *Novum organum* de Francis Bacon. Léanlo y señalen las expresiones que pueden considerarse como reveladoras del espíritu que hoy llamaríamos "científico".

"Aun así, las ciencias a las que nos hemos acostumbrado tienen sus generalidades halagüeñas y falaces, pero cuando llegamos a los detalles que, como los órganos de la generación, tienen que dar frutos y efectos, vemos que originan altercados y ladran preguntas, y que en eso terminan y no producen nada más. Además, si estas ciencias no fuesen tan claramente letra muerta, nunca ocurriría —como ha pasado durante tantos años— que se adhiriesen casi inamoviblemente a su postura original, sin adquirir un crecimiento digno de la humanidad; y esto hasta tal punto que con frecuencia no sólo perduran las afirmaciones sino que también perduran las preguntas, que en lugar de resolverse mediante la discusión se ven estimuladas hasta convertirse en algo estático; y todo sistema de instrucción que sucesivamente se nos ha ido pasando trae a escena la personalidad del amo y del erudito, no la del inventor o la de alguien capaz de añadir excelencia a sus invenciones."

**b.** Comenten la forma de caracterizar a los poseedores del viejo y del nuevo saber.

### 39. Ciencia y teatro

Bertolt Brecht (1898-1956) es uno de los dramaturgos más importantes del siglo XX. En su obra *Galileo Galilei* vincula el arte con la realidad social y muestra a Galileo preocupado por la salvación de su vida ante la Inquisición y también por su tarea como científico. La obra trata sobre la responsabilidad del científico en la utilización práctica de sus descubrimientos.

**a.** Lean la obra y resuelvan las consignas:

■ ¿Por qué Brecht eligió como personaje a Galileo? Busquen información sobre Galileo y su época para responder.

**b.** Comparen los siguientes textos y discutan sobre el significado de la ciencia en ambas épocas. Escriban un breve texto con sus conclusiones.

■ La visión científica que reduce la naturaleza a sus aspectos mensurables y reduce toda racionalidad a la racionalidad matemática e instrumental, ha alcanzado en el siglo XX extremos que la acercan a un dogmatismo de otro signo que el de la Iglesia en el siglo XVII, pero no por eso menos oscurantista y peligroso, que nos fuerza a repensar la función de la ciencia y la concepción científico-tecnológica del mundo.

■ La tarea científica de Galileo Galilei es representativa de los

tres aspectos definitorios de la ciencia moderna: el carácter matemático, experimental y el uso de instrumentos. Algunas de las tesis mediante las cuales se define la concepción moderna de la ciencia y la diferencia de la teología son las siguientes:

a) Las Escrituras son necesarias para la salvación del alma; esto significa que no es la pretensión de Galileo ni de la modernidad negar toda validez de las Escrituras, sino que lo que persigue Galileo es circunscribir las áreas de “competencia” de los diferentes saberes y, en este sentido, las Escrituras conservan un valor de “conocimiento”. b) Pero la fe es un saber que, a diferencia de la ciencia, no se puede contradecir: en efecto, rige para ella un criterio de autoridad y por tanto no es posible poner en duda lo establecido por las autoridades de la Iglesia; tampoco es posible poner a prueba por uno mismo la validez de este saber, ni que el mismo sea “superado” con el correr del tiempo. Así, pues, la fe es dogmática, a diferencia de la ciencia, que c) no se establece mediante un criterio de autoridad sino mediante experiencias sensatas y demostraciones necesarias. Por esa razón, d) la ciencia es autónoma y las Escrituras no tienen autoridad sobre las cuestiones naturales (del mismo modo que la ciencia no tiene autoridad sobre las cuestiones de fe). Esta autonomía de la ciencia implica que no está al servicio de la fe; sus finalidades son diferenciadas (la salvación es el fin de la fe, mientras que el conocimiento es el fin de la ciencia), así como sus métodos, sus criterios y sus áreas de competencia.

## RECOMENDACIONES

### PELÍCULAS

■ *Blade Runner* (1982) dirigida por Ridley Scott.

■ *Inteligencia artificial* (2001) dirigida por Steven Spielberg.

■ *Clon* (2001) dirigida por Alejandro Hartmann.

■ *Giordano Bruno* (1973) dirigida por Giulano Montaldo.

■ *Pi* (1998) dirigida por Darren Aronovsky.

■ *Casas de fuego* (1995) dirigida por Juan Bautista Stagnaro.

### LIBROS

■ *Diccionario de Filosofía*  
**AUTOR:** José Ferrater Mora  
*Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología*

**AUTOR:** Gregorio Klimovsky

■ *Un mundo feliz*

**AUTOR:** Aldous Huxley

■ “La conferencia” en *Lugar*

**AUTOR:** Juan José Saer

■ *Frankenstein*

**AUTORA:** Mary Shelley