

Filosofía

Esa búsqueda
reflexiva

**¿QUÉ ES LA CIENCIA Y
CUÁL ES SU METODOLOGÍA?**



A. Aproximación al conocimiento científico

1. ¿Cuál es la naturaleza de la ciencia?

“La mayoría de los estudiantes conocen algo de, por lo menos, un campo científico y de la tecnología actual; pero tienen solo una vaga idea del papel de la ciencia considerada como una manera de pensamiento que ha modelado el mundo tal cual es y que influye permanentemente sobre nuestras ideas.

Hoy en día, expertos en todos los campos del conocimiento, ya sea educadores, meteorólogos, economistas, muchos teólogos y aun astrólogos, son más respetados y creídos si afirman que sus opiniones están basadas en la ciencia. Esto es así porque hemos sido educados para creer que la ciencia señala lo verdadero.

En los últimos 500 años la ciencia ha investigado con buen éxito los misterios del Universo, ha puesto hombres en la Luna y los ha traído de regreso, ha vencido numerosas enfermedades, ha alimentado a los hambrientos y ha mejorado el nivel de vida de muchos.

Sin embargo, al resolver algunos problemas más, ha creado otros, tales como el aumento incontrolado de la población, la contaminación ambiental y la posibilidad de una guerra nuclear; en síntesis, no ha dado respuesta satisfactoria a cómo construir un mundo mejor. Así, hoy muchos ven al científico como un hechicero, hábil manipulador de aparatos complicados y de seres humanos. Lo necesitamos, pero no nos gusta demasiado. ¿A qué se debe esto?

Si pudiéramos retroceder en el tiempo hasta el siglo XIV nos sorprenderíamos menos por la apariencia física del entorno que por la forma extraña en que se comportarían y la manera de pensar de nuestros nuevos vecinos. Su idea de la ‘verdad’ sería muy diferente de la nuestra porque su ‘ciencia’, tal como la entendemos nosotros, sería inexistente.

La ciencia que ha transformado el mundo, dado forma al curso de la historia, modificado radicalmente las creencias religiosas e influido profundamente sobre la literatura comienza recién en el Renacimiento. Para mucha gente, la ciencia moderna, con su aparente dominio sobrehumano de la naturaleza, con su despliegue de maravillas lógicas y con su creciente complejidad, ha adquirido las características de un Dios medieval. Ha producido la bomba nuclear, amenaza con la guerra biológica, puede interferir en los procesos genéticos naturales y aun producir formas artificiales de vida.

Podemos intentar consolarnos con la reflexión de que todo conocimiento puede usarse para bien o para mal, pero el respeto que deberíamos tener por el poder de la ciencia está mezclado con una desconfianza creciente. Como creemos que no la podemos entender hemos comenzado a reaccionar en su contra: aceptamos creencias sin fundamento, nos volcamos hacia formas religiosas ingenuas o extrañas y llegamos a aceptar puntos de vista irracionales sobre la vida que hace pocas décadas nos habrían parecido inaceptables por excéntricos. La conjunción ominosa de dogma y superstición que caracterizó buena parte de la Edad Media ha comenzado a reaparecer en una forma sutilmente diferente. Y si en la Edad Moderna se excluyó a Dios de la descripción científica de la naturaleza, no debemos invertir el proceso y excluir ahora a la ciencia, porque, de lo contrario, correríamos el riesgo de recrear una nueva Edad Media.

¿Por qué estamos persuadidos de que debemos seguir haciendo y estudiando ciencia? Todos aceptamos que vivimos en un ‘mundo científico’, pero ¿qué tiene esto que ver con el mundo real de obtener un empleo, casarse y originar una familia? La ciencia exige observación

cuidadosa, espíritu crítico y una planificación adecuada, así como una imaginación creadora que, a menudo, asociamos solo con las artes. Al ejercitarnos en estas destrezas alcanzamos a tener la misma agradable sensación que experimentamos al resolver un problema de ingenio muy complicado o al leer una buena historia policial. Sin embargo, aquella sensación no existirá en las clases de ciencia de los colegios si el misterio no es visto como importante para el alumno o si la solución se ofrece antes de que la búsqueda comience.

La ciencia no es simplemente una masa de información que debe ser memorizada y, con un poco de suerte, entendida. Es el proceso de pensamiento que ha permitido obtener aquella información y que la utiliza para hallar la solución de nuevos misterios. Es por esto que beneficia no solo a la pequeña minoría que estudia problemas cósmicos sino a todos nosotros en nuestra vida diaria, enseñándonos un modo de conocer la realidad, facilitándonos –y a veces evitándonos– la realización de una serie de tareas rutinarias y permitiéndonos acceder a una mejor calidad de vida, con más tiempo libre para la creación y el esparcimiento”. María Teresa T. de Paladini (Doctora en Bioquímica, directora del Departamento de Ciencias del Colegio Northlands desde 1968 hasta 1992).



Copérnico concibió la tesis de que la Tierra gira alrededor del Sol.

2. Un poco de historia de la ciencia

Haremos ahora una brevísima recorrida de la historia de la ciencia partiendo del artículo anterior, en el que se señala que los inicios de la ciencia moderna son bastante recientes, ya que se remontan al siglo XVI.

- En el **Renacimiento**, al desarrollarse una metodología de trabajo que permitía a ciertas disciplinas independizarse de la Filosofía, surgió la **Física**. Tengan en cuenta que hasta el s. XV se siguieron aceptando las ideas de **Aristóteles** del s. IV a. C. Este filósofo griego sostenía, por ejemplo, que la aceleración de los cuerpos en caída libre era directamente proporcional al peso de los mismos. Afirmaba también que la superficie de la Luna era perfectamente lisa. Además seguía vigente la concepción de **Tolomeo**, matemático y astrónomo griego del s. II d. C., según la cual la Tierra es el centro del Universo y el Sol y los planetas giran alrededor de ella.

- En el Renacimiento aparecieron científicos tales como **Copérnico**, astrónomo polaco del s. XVI, quien, refutando la propuesta del Tolomeo, concibió la hipótesis según la cual la Tierra gira alrededor del Sol. Este cambio radical de concepción acerca del Universo se conoce como la teoría heliocéntrica. **Galileo**, físico y astrónomo italiano (s. XVI-XVII), por su parte, adhirió a la concepción copernicana y la profundizó, valiéndose de una importantísima y nóvedosa herramienta creada en aquellos años a la que se llamó telescopio. Galileo descubrió los satélites de Júpiter y las rugosidades de la Luna. También descubrió que la aceleración de la caída de los cuerpos es independiente de su peso, refutando de este modo a Aristóteles.

- El físico inglés **Isaac Newton** (s. XVII-XVIII) desarrolló aún más las teorías mecánicas de Galileo y formuló la Ley de la Gravitación Universal.

- Es importante tener en cuenta que, desde la Antigüedad y bajo la influencia de **Platón**, filósofo ateniense (s. V-IV a. C.), a quien ya estudiamos en unidades anteriores, y también bajo la influencia de la Iglesia, se concebía al Universo como constituido por dos ámbitos opuestos:



Entre los logros de Newton se cuenta la formulación de la Ley de la Gravitación Universal.

- el mundo inferior, en el que habitamos los seres humanos, imperfecto y cambiante.

- el mundo superior, en el que habitará nuestra alma luego de desprenderse del cuerpo, y que es perfecto e inmutable. Los astros que rodean a la Tierra, que se suponían poseedores de estas características, pertenecían, de acuerdo con esta tradición, al mundo superior.

Formular leyes científicas que valieran para el Universo en su totalidad, sin distinción entre un presunto mundo superior y otro inferior, y, lo que es peor aún, pretender que la Tierra no era el centro del Universo, constituía un atentado gravísimo contra la tradición vigente desde muchos siglos atrás, basada en la filosofía platónica y en la religión judeo-cristiana.

• De todas maneras, las propuestas que mencionamos antes, juzgadas “subversivas” desde ese punto de vista, fueron ganando adeptos y, ya en el s. XVIII, la nueva física era considerada el modelo científico a imitar. La **Ilustración**, corriente cultural surgida en ese siglo, proponía la revisión de toda concepción acerca del mundo y del hombre a la luz de la razón y señalaba a la Física como el gran camino, si no el único, para lograrlo.

• Así, en el s. XVIII, y más tarde en el XIX, se consideraba que todo estudio que pretendiese ser científico debía:

- seguir el método científico propio de la Física.
- procurar formular leyes científicas que expresaran regularidades entre los fenómenos, una vez más, tal como lo hacía la Física.

• Durante el s. XIX hicieron su aparición las Ciencias Sociales, con el surgimiento de la Sociología y la Psicología (ver segundo apéndice: Cuadro histórico). Respecto de estas últimas y de las otras ciencias que estudian al hombre y a la cultura nos plantearemos más adelante si es posible que satisfagan esos requisitos.

○

1. A continuación se transcribe parte de un reportaje reciente a una investigadora argentina que, trabajando en el exterior, pudo establecer, a partir de una investigación reconocida en el mundo científico, que las neuronas pueden cambiar sus funciones mientras se están desarrollando.

Periodista: “¿Qué es lo mejor de ser científica?”
Dra. Laura Borodinsky: “Es sentir que usás tu cabeza en todo su potencial. Es un estado de curiosidad continuo. Y la sensación de que estás aportando un granito de arena al conocimiento general es también fantástica.”

Periodista: “¿Y lo peor?”

Dra. Laura Borodinsky: “Que es un trabajo muy

competitivo. A veces, además de pensar en contestar una pregunta tenés que apurarte para ser el primero. Si no lo lográs, puede suceder que lo que hiciste no sirva para nada. Esto es estresante y a veces se generan situaciones injustas.”
“Una argentina descubrió que las neuronas cambian de función”, en *Clarín*, Buenos Aires, lunes 14/06/04, pág. 30.

Señalen en la primera respuesta del reportaje anterior alguna coincidencia o discrepancia con lo que afirma el artículo de la Dra. Paladini. Busquen algún ejemplo en la historia reciente de la ciencia que ilustre la segunda respuesta de la investigadora.

2. A partir de lo leído en el artículo y en el reportaje, así como de lo que ustedes han estudiado en las distintas ciencias, realicen un balance crítico de los aportes de la ciencia al mundo actual y extraigan una con-

clusión personal.

3. Tracen una línea de tiempo que abarque desde el s. V a. C. hasta el s. XX y ubiquen en ella todos los nombres que aparecen en negritas en el texto previo.



3. Las características del conocimiento científico

En el cuadro de doble entrada de la Unidad 1 donde se comparan Ciencia, Filosofía y Religión, presentamos determinados rasgos del conocimiento científico, a los cuales añadiremos ahora otros –aunque, como veremos luego, hay filósofos contemporáneos que discrepan respecto de algunos de ellos–.

El conocimiento científico es:

A. comunicable: tiene que poder ser transmitido a otros, esto es, ser público; no puede limitarse a una experiencia privada, de la que no se pueda hablar.

B. sistemático: consta de teorías que son conjuntos coherentes de proposiciones de distinto nivel de generalidad (universales, particulares, singulares) relacionados entre sí de modo de garantizar la deducibilidad de algunas a partir de otras.

C. metódico: requiere una planificación adecuada; sobre la base de ciertos conocimientos que ya se poseen, se deben seguir ciertos pasos para adquirir conocimientos nuevos.

D. verificable o contrastable¹: toda proposición científica tiene que poder ponerse a prueba –directa o indirectamente– para que se pueda establecer, con fundamentos, su verdad. Esta prueba podrá ser, a su vez, demostrativa o empírica, según el tipo de ciencia de que se trate.

E. preciso (o tiende a serlo): los enunciados científicos son formulados en los términos más exactos que sea posible hallar.



4. Expliquen las siguientes características del conocimiento científico que fueron presentadas en la Unidad 1 y ejemplifiquen de

modo personal por lo menos dos de ellas: a) racional, b) objetivo, c) progresivo, d) específico.



1. No deben confundirse “verdadero” y “verificable”. Este último término sugiere el carácter perfectible de la ciencia, que de ninguna manera puede considerarse un edificio de verdades inamovibles. El proceso de verificación o de contrastación, en el caso de tratarse de pruebas empíricas, permite siempre, en principio, encontrar alguna prueba de que una hipótesis es falsa y entonces modificarla o reemplazarla.

B. La clasificación de las ciencias

Las ciencias se dividen en dos grandes grupos: *Formales* y *Fácticas*, según los objetos de los que se ocupan, los enunciados que las componen, su modo de verificación y el criterio de verdad que se relaciona con este. Las *Fácticas*, a su vez, se subdividen en *Naturales* (algunos las llaman ciencias “duras”) y *Sociales* (o ciencias del espíritu o de la cultura, según algunos autores; ciencias “blandas” en la terminología mencionada antes). La Matemática es, por ejemplo, una Ciencia *Formal*, mientras que la Física (Ciencia Natural) y la Historia (Ciencia Social) son *Fácticas*.

Objetos	IDEALES (no existen como son tales en la realidad)	REALES: hechos (factum) son o fenómenos
	ATEMPORALES	TEMPORALES
Enunciados	Relaciones entre signos sin referentes reales	Relaciones entre signos y referentes reales
Modos de poner a prueba los enunciados	Demostración	Observación y/o experimentación
Criterio de verdad	Coherencia entre proposiciones	Correspondencia entre proposiciones y estados de cosas en la realidad

Conviene, antes de seguir adelante, hacer algunas aclaraciones:

- Más allá de las diferencias señaladas en el cuadro, hay una relación entre ambos tipos de ciencias pues, dado que los objetos de las Ciencias Formales son ideales, constituyen formas vacías que pueden aplicarse a realidades empíricas. Así, por ejemplo, el enunciado “ $2 + 2 = 4$ ” se puede aplicar a átomos, células, etc. De esta forma, la Matemática se convierte en el lenguaje en que se expresan, en forma creciente, las Ciencias Fácticas y, por ello, quien hoy decida abocarse al estudio de las Ciencias Fácticas deberá contar con conocimientos de matemática.

- Hemos visto antes que, en cuanto a su modo de verificación, las Ciencias Fácticas utilizan la observación y la experimentación, mientras que las formales recurren a la demostración. Es posible que, con fines didácticos, un profesor de geometría muestre, por ejemplo, que la suma del cuadrado de los catetos es igual al cuadrado de la hipotenusa dibujando un triángulo rectángulo en el pizarrón y midiendo con una regla, pero todos sabemos que lo que allí se representa no es un triángulo perfecto, pues este solo existe en la mente humana, y que tampoco las mediciones realizadas son perfectas. Para probar la verdad de ese teorema, el matemático deberá recurrir, como procedimiento, a la demostración.

1. Las Ciencias Formales

Las Ciencias Formales son *sistemas axiomáticos*. ¿Qué significa esto? Que se componen de conjuntos de enunciados organizados deductivamente, de modo tal que algunos de esos enunciados –los axiomas– se toman como puntos de partida y los demás –los teoremas– se obtienen a partir de los primeros por reglas de inferencia. Así, si los axiomas son verdaderos, los enunciados que se deducen de ellos también lo serán.

Podemos esquematizarlo así:

Ciencia formal X:

Axioma A	Axioma B	Axioma C	Proposiciones que sirven como puntos de partida supuestamente verdaderos y que no se demuestran.
-------------	-------------	-------------	--

REGLAS DE INFERENCIA

Formas de razonamientos válidos.

Teorema A	Teorema B	Teorema C	Enunciados inferidos a partir de los axiomas por aplicación de las reglas de inferencia.
--------------	--------------	--------------	--

Es importante destacar que la necesidad de establecer ciertos enunciados como puntos de partida que no necesitan demostración se basa en que si éstos no existieran todas las cadenas de demostración serían o bien infinitas o bien circulares. Es preciso, pues, establecer ciertos axiomas que hacen las veces de cimientos sobre los que se construyen todas las cadenas deductivas que concluyen en los teoremas.

*¿Qué ocurriría si no tomáramos ciertos enunciados como puntos de partida? Supongamos que queremos justificar el enunciado "P". Para ello necesitamos otro enunciado, por ejemplo "Q", del cual se deduzca "P". Pero resulta que "Q" tampoco queda justificado. Para justificarlo se necesita otro enunciado "R" del cual "Q" sea consecuencia lógica, y así sucesivamente. Es decir, si no tomáramos ciertos enunciados como puntos de partida, caeríamos en una **regresión al infinito**:*

R Q P

Podríamos evitar esta regresión al infinito si, por ejemplo, "R" se dedujera de "P", pero, en este caso, caeríamos en un círculo vicioso:

P
 ↓
Q R

Si los axiomas son tomados como verdaderos y los teoremas son inferidos a partir de los axiomas por aplicación de las reglas de inferencia, siendo éstas formas válidas de razonamientos (obviamente, razonamientos deductivos), entonces los teoremas han de ser necesariamente verdaderos, puesto que en un razonamiento deductivo válido, si las premisas son verdaderas, entonces la conclusión también lo será.

¿Qué es, entonces, una **demostración** en Ciencias Formales?

Una demostración es un conjunto finito de enunciados donde cada uno de ellos es un axioma o una consecuencia lógica de enunciados anteriores en virtud de una regla de inferencia. Se puede, entonces, definir al teorema como el último enunciado de una demostración.

Podemos preguntarnos ahora de qué están compuestos los axiomas. Dado que estos son enunciados (proposiciones), deben estar compuestos por términos, es decir, expresiones lingüísticas con significado. Sin embargo, surge ahora un problema similar al que ocurría con la demostración de los enunciados. Si todo término tiene una definición y estas definiciones están compuestas, a su vez, por términos que deben ser definidos, caeremos en una regresión al infinito o en un círculo vicioso. Es por eso que en un sistema axiomático encontramos **términos definidos** pero también **términos primitivos**, o sea, términos que se toman sin definición.

Nótese que en un sistema axiomático encontramos las tres estructuras lógicas que habíamos considerado en la unidad de Lógica.

TÉRMINOS	primitivos	Conceptos
	definidos	
ENUNCIADOS	axiomas	Proposiciones
	teoremas	
REGLAS DE INFERENCIA		Razonamientos

Veremos ahora un ejemplo de sistema axiomático:

1.1 El sistema de Euclides para la geometría

Euclides (matemático griego del s. III a. C.) fue el primero en lograr la sistematización de los conocimientos de geometría en un sistema axiomático, y lo hizo en una obra a la que llamó *Elementos*. Como en todo sistema axiomático, los enunciados del sistema de Euclides se dividen en dos grandes grupos: los enunciados que se demuestran, o teoremas, y los que no se demuestran, a los que él llamó **principios**. A estos últimos los subdividió a su vez en dos subgrupos: el de los principios comunes a cualquier ciencia (principios que él consideraba evidentes), a los que llamó **axiomas**, y el de los específicos de la geometría, a los que llamó **postulados**.

En el siguiente cuadro se reproducen algunos elementos del sistema euclidiano:

Términos definidos

1. Un punto es lo que no tiene partes.
2. Una línea es una longitud sin anchura.
3. Una superficie es lo que solo tiene longitud y anchura.

Postulados

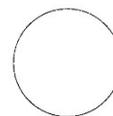
1. De un punto a otro puede trazarse solo una línea recta.



2. Toda línea recta finita puede extenderse continuamente en línea recta.



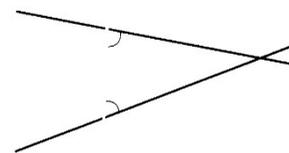
3. Dados un punto y una distancia, puede trazarse solamente un círculo con este punto como centro y esta distancia como radio.



4. Todos los ángulos rectos son iguales entre sí.



5. Si una línea recta corta a otras dos líneas rectas de manera que la suma de los dos ángulos interiores sea menor que dos ángulos rectos, entonces las otras dos líneas rectas, si se prolongan lo suficiente, se cortarán al mismo lado de la primera línea en que se encuentran aquellos ángulos.



Este axioma es conocido con el nombre de **axioma de las paralelas** y también se enunció más tarde así:

Por un punto exterior a una recta se puede trazar una única paralela.

Este postulado ha sido el más controvertido y dio pie en los siglos XVIII y XIX al nacimiento de las geometrías no euclidianas.



Axiomas

1. Las cosas que son iguales a la misma cosa son también iguales entre sí.
2. Si a cantidades iguales se añaden cosas iguales, los totales son iguales.
3. Si cantidades iguales se restan a cosas iguales, los restos son iguales.
4. Las cosas que coinciden una con otra son iguales entre sí.
5. El todo es mayor que la parte.

Teoremas

En los triángulos rectángulos, el cuadrado del lado opuesto al ángulo recto es igual a la suma de los cuadrados construidos sobre los lados del ángulo recto.

Observación: hoy los términos “postulado” y “axioma” son sinónimos y no se exige de estos enunciados que expresen verdades evidentes. Se los elige por convención, (volveremos sobre este tema en la Unidad 4, al hablar de los diferentes criterios de verdad).

1.2 Propiedades de los sistemas axiomáticos

Si se pretende que un sistema axiomático sirva para fines científicos, es deseable que tenga ciertas propiedades, a saber: la de **consistencia**, la de **independencia** y la de **fertilidad**.

Un sistema axiomático es **consistente** cuando no da lugar a contradicciones. Si es posible, a partir de un conjunto de axiomas, deducir “p” y a la vez “no p”, eso significa que el sistema contiene contradicciones en forma implícita, esto es, es inconsistente, error grave desde el punto de vista lógico.

Por otra parte, se dice que un sistema axiomático es **independiente** si no contiene axiomas innecesarios que pueden demostrarse a partir de los demás. Por lo tanto, un sistema axiomático es independiente si todos sus axiomas lo son.

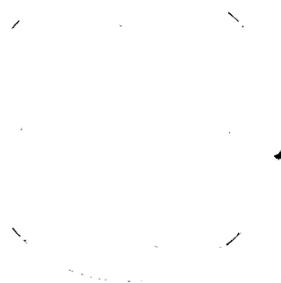
Por último, un axioma (o un sistema axiomático) posee **fertilidad** cuando permite deducir un mayor número de teoremas, tras aplicar las reglas de inferencia.

1.3 Matemáticas puras y matemáticas aplicadas

Cuando estudiamos el tema del lenguaje (Unidad 2) vimos que este poseía tres dimensiones o aspectos: el sintáctico, el semántico y el pragmático. Desde este punto de vista, podemos decir que las ciencias formales, como la Matemática, son sistemas puramente sintácticos:

“El discurso matemático (...) está compuesto por signos para los cuales hay reglas de manipulación y de construcción de expresiones, pero tanto en los signos como en las expresiones el componente semántico se halla ausente. (...) ¿Cuál es la utilidad de proceder de esta manera? Que si queremos aplicar la matemática a un tema especial, la significación puede ser añadida posteriormente, y entonces las palabras matemáticas adquirirán, a través de una determinada interpretación², la capacidad de referencia a los objetos o entidades que constituyen nuestro tópico especial.”³

Alrededor de 1860, el matemático alemán Bernhard Riemann mostró que una geometría en la que no existen líneas paralelas también es posible partiendo de un sistema axiomático distinto del de Euclides, específicamente, negando el quinto postulado. La geometría riemanniana o no euclídea elíptica es la geometría de la superficie de una esfera en la que todas las líneas rectas son círculos máximos. La siguiente figura muestra la imposibilidad de dibujar un par de líneas paralelas en esta superficie.



² Usamos la palabra “interpretar” en el sentido de asignar un significado a algo que no lo poseía. En Lógica podemos decir que una posible interpretación de “ $p \Rightarrow q$ ” es “si gano, entonces soy el triunfador”. En Matemática, “ $2+2=4$ ” puede ser “si a dos cromosomas se le acoplan dos cromosomas, esto resulta en cuatro cromosomas”.

³ G. KLIIMOVSKY, op. cit., pág. 289.

Los estudios desarrollados por Riemann y otros matemáticos respecto de estas geometrías parecían ser un simple juego lógico. Sin embargo, décadas después, este nuevo sistema axiomático fue tomado por Einstein como el más apropiado para describir el espacio. Así, este aparato formal adquirió una aplicación no prevista en el momento de su formulación, merced a una nueva interpretación. Cabe señalar también que, en correspondencia con las geometrías no euclídeas, existen nuevas aritméticas “no pitagóricas”, en las cuales ya no se supone la ley conmutativa o la proposición de que el producto de dos números no puede ser cero, a menos que uno de ellos sea cero. Estas nuevas aritméticas también encuentran interpretaciones en la naturaleza física.

¿Cuál es la razón de que la Matemática pura y la Lógica se puedan aplicar a la naturaleza? ¿Reflejan relaciones objetivas que se dan en la naturaleza o son solo construcciones de la mente humana que permiten crear modelos útiles para comprenderla? (Volveremos sobre este tema en la Unidad 4)



5. Tomen una descripción física, como puede ser la ley del péndulo o alguna que hayan estudiado últimamente, y muestren cuáles son los cálculos matemáticos que se utilizan para la formulación de dicha ley.
6. Consideren la pregunta “Las Matemáticas, ¿son inventadas o descubiertas?” –que se relaciona de algún modo con la pregunta enunciada en el último párrafo del tex-

to– y propongan un argumento a favor de cada una de las dos posibilidades.

7. ¿Qué crítica se le podría dirigir a un sistema axiomático cuyos axiomas fuesen los siguientes?

- $p \wedge q$
- $p \Rightarrow r$
- $\neg r$



2. Las Ciencias Fácticas y su problemática

Las Ciencias Fácticas intentan ocuparse de objetos reales, de justificar nuestras creencias acerca de ellos y de encontrar regularidades que los afectan (leyes naturales). Sin embargo, en algunas de esas ciencias –las sociales– parecería que no es tan fácil descubrir regularidades de gran amplitud y hay quienes, a la pregunta que formulamos al final de nuestra breve historia de la ciencia, responden que no es posible aplicar en ellas el mismo método que en las Ciencias Naturales.

Así, en primer término nos ocuparemos de los enunciados científicos (hipótesis y leyes) en general, de su organización (teorías) y de las funciones que cumplen (describir, explicar y predecir), así como de los fenómenos a los que se aplican (base empírica) y del método, esto es, el camino que sigue el científico en sus investigaciones. Luego plantaremos la polémica que ha surgido en torno de las Ciencias Sociales y su modo de trabajo.

2.1 El método científico

¿Cuál es el *método* que utilizan las Ciencias Fáticas? Al hacer referencia a este tema se acompañará el desarrollo teórico con un ejemplo de investigación realizada en el ámbito de la Psicología hace algunas décadas, la de Harry Harlow, quien estudió la formación del vínculo materno-filial en los monos *rhesus*.

Cualquier investigación comienza cuando el científico, que ya tiene conocimientos sobre un tema determinado, se encuentra ante un problema cuya solución no posee. Un **problema** es siempre un interrogante, un espacio en blanco en los conocimientos, una pregunta para la cual no hay aún respuestas satisfactorias. Una vez que el investigador toma conocimiento de ese problema, que quizá otros pasaron por alto, intentará resolverlo con el máximo rigor. La selección del problema coincide con la elección de la línea de investigación. En el estado actual de la ciencia, esa elección está a su vez determinada por varios factores, tales como el interés intrínseco del problema según lo determina el estadio del conocimiento en cada momento (en realidad, el factor que debería ser más importante), la tendencia profesional del investigador afectado, la posibilidad de aplicación y las facilidades instrumentales y de financiación.

Harlow había estudiado las conductas inteligentes de los monos *rhesus* y sabía bastante acerca de ellos, pero quería conocer algo más sobre su afectividad. De este modo, se planteó el siguiente problema: *¿Sobre qué base se establece el vínculo entre la cría y su madre en los mamíferos superiores?*

Para resolver su problema, el científico trata de encontrar posibles respuestas a él: cada una de ellas se llama **hipótesis**. Una hipótesis posible –la que aceptaba la mayoría, en el caso del problema planteado por Harlow– era que el vínculo se formaba a partir del alimento. La madre amamantaba a la cría y esto servía de base para la creación de un lazo afectivo entre ambas. Sin embargo, esta hipótesis no lo satisfacía y eligió otra: *el vínculo se forma sobre la base del contacto comfortable que la cría experimenta junto a su madre*.

Una vez formulada la hipótesis, Harlow debía **contrastarla**⁴, esto es, buscar elementos de prueba para determinar si era verdadera o falsa. En esa puesta a prueba podía recurrir –como se señaló en el cuadro de clasificación de las ciencias– a la **observación** y a la **experimentación**. La segunda se diferencia de la primera en que el investigador altera la realidad provocando la aparición del fenómeno que le interesa estudiar o, por lo menos, controla las condiciones de prueba, mientras que en la observación se limita a esperar que el fenómeno se produzca sin ejercer control alguno sobre las condiciones de prueba. Ambos procedimientos coinciden en que el investigador debe registrar cómo se producen determinados fenómenos y cómo se relacionan con otros.

Harlow recurrió a la experimentación. Para ello debió realizar primero un *diseño experimental*, luego ponerlo en práctica, observar los resultados obtenidos y a partir de allí formular algunas conclusiones teóricas. En sus palabras:

"Al proponernos esta investigación nos enfrentamos con un difícil problema: crear un sustituto inanimado de madre sobre el que pudiéramos tener un control experimental completo,

⁴ Utilizaremos el término "contrastación", en el caso de las Ciencias Fáticas, para evitar la posible confusión entre "verdad" y "verificación" a la que aludimos en la nota al pie 1.

pero que fuera una madre que suscitara amor en el infante. Esto es lo que hicimos: construimos dos tipos de sustitutos maternos. Son madres notables y poco comunes: tienen una paciencia absoluta, están disponibles las veinticuatro horas del día, jamás reprenden a sus bebés ni les pegan enojadas y además tenemos un control experimental absoluto sobre ellas.”⁵

Harlow se refería a dos muñecos armados así: uno, con un cilindro metálico provisto de un orificio en el centro del “pecho” por el que se podía introducir una mamadera, y el otro, un cilindro similar pero cubierto por un paño suave, provisto también de un orificio con la misma función. A ambos cilindros se les adosaban sendas cabezas, no muy parecidas a las de un mono real.

Y seguimos a Harlow en su presentación de las madres artificiales: “Esta es la madre metálica: podemos sacarle y colocarle la mamadera como lo deseamos al igual que a esta otra, que es la madre de paño. Hicimos las caras diferentes en forma deliberada, pero no porque esa diferencia fuera significativa aquí.”⁶

Luego se llevó a cabo el experimento: “En cada una de esas jaulas colocamos una madre metálica y otra de paño con cada monito: son las únicas madres que los monitos han conocido. La mitad de ellos fueron alimentados solo por la madre metálica; la otra mitad, solo por la de paño, pero ambas estuvieron disponibles de igual manera todo el tiempo en las jaulas.”⁷

El investigador pudo observar los siguientes resultados: los monitos alimentados con madre de paño no se acercaban a la metálica más que para investigarla y permanecían casi todo el tiempo con la de paño, pero también los monitos alimentados con madre metálica hacían algo similar: solo se quedaban con la madre metálica alrededor de una hora diaria, mientras que permanecían de 17 a 18 horas diarias con la de paño. Su comentario fue el siguiente: “Predijimos que la variable ‘contacto confortable’ era muy significativa, pero nos tomó de sorpresa el encontrar que oscurecía a cualquier otra en importancia, inclusive a la variable ‘alimentación’.”⁸

Se recuerda que en un experimento se llama *variable* a todo fenómeno que cambia, siendo la *variable independiente* el fenómeno que manipula el investigador y la *dependiente* el fenómeno que observa y que es, presuntivamente, efecto del anterior. Así, si el contacto confortable era la **variable independiente**, la permanencia del mono durante muchas horas junto a la madre de paño era la **variable dependiente** en el experimento anterior.

Pero Harlow no se conformó con ese experimento sino que fue dividiendo el problema planteado en subproblemas, para cada uno de los cuales formuló, a su vez, una hipótesis que puso a prueba, llegando a juntar una gran cantidad de elementos de prueba en favor de la hipótesis central que consideró, entonces, *confirmada* o *corroborada*. Si los elementos de prueba obtenidos –esto es, los resultados de sus experimentos– hubieran sido negativos, la hipótesis se habría considerado *disconfirmada* o *refutada* (veremos más adelante que el uso de las palabras “confirmada” o “corroborada” y “disconfirmada” o “refutada” tiene que ver con planteos teóricos diferentes, de modo tal que no resultan estrictamente sinónimas).



Las madres sustitutas en el experimento de Harlow.

5. H. HARLOW, *Mother-love*, film producido por la Pennsylvania State University. Traducción de la banda sonora por M. Frassinetti de Gallo.

6. H. HARLOW, loc. cit.

7. H. HARLOW, loc. cit.

8. H. HARLOW, loc. cit.



8. Antes se mencionaron como Ciencias Fáclicas la Física, la Historia (cuando se las propuso como ejemplo al finalizar el cuadro comparativo de los distintos tipos de ciencias) y la Psicología (al presentar el ejemplo de la investigación de Harlow). Ahora añadan ustedes cinco ejemplos más de Ciencias Fáclicas y justifiquen que lo son.

9. Reconstruyan en forma teórica cuáles son los pasos del método científico (recuerden que esta es una esquematización de una investigación real y que la puesta a prueba de una hipótesis puede llevar a descartarla, formular otra y empezar un nuevo proceso, como veremos más adelante en otros ejemplos).

10. Propongan un ejemplo de experimentación y otro de observación científica que hayan realizado (o estudiado) en alguna ciencia, explicitando en cada caso el problema planteado y la hipótesis puesta a prueba.

11. Les proponemos ahora, en forma desordenada, algunos de los problemas y de las hipótesis secundarias de Harlow para que los aparezcan en forma adecuada. Identifiquen primero problemas e hipótesis y tracen luego una línea uniendo cada problema con la hipótesis correspondiente:

- ¿Cómo aparece el sentimiento de seguridad en el infante?
- ¿Por cuánto tiempo se mantiene el lazo afectivo entre infante y madre?
- ¿Pueden crear lazos afectivos los infantes que no han conocido madre alguna?
- ¿Cuán intenso es el afecto de la cría hacia la madre?
- ¿Cuál es el período crítico de formación del lazo afectivo entre madre e hijo?
- El afecto entre pares se subordina al afecto entre madre e hijo y no puede sustituirlo.

- El sentimiento de seguridad aparece a partir del contacto confortable del infante con su madre y, en el caso de las madres artificiales, con la madre de paño.

- ¿Qué pautas de conducta permiten desarrollar el sentimiento de seguridad?

- El afecto entre pares se desarrolla a partir del lazo afectivo entre madre e hijo y aparece en el período de socialización del animal.

- El sentimiento de seguridad permite desarrollar conductas tendientes a satisfacer varias motivaciones cognitivas: de curiosidad, manipulación, exploración, etc.

- ¿Pueden los infantes que no conocieron madre alguna desarrollar un sentimiento de seguridad?

- ¿Cómo nace y se desarrolla el afecto entre pares?

- El período crítico de formación del lazo afectivo se da en los primeros meses de vida.

- El lazo afectivo se mantiene más allá del primer año de vida, aun después de separaciones prolongadas.

- Los infantes que no han conocido madre alguna no obtienen seguridad a partir de la madre de paño.

- Los infantes que no han conocido madre alguna desarrollan lazos afectivos superficiales.

12. A continuación se describe un experimento realizado por Harlow para probar una de las hipótesis secundarias anteriormente formuladas. Señalen a cuál de ellas corresponde y si la confirma o disconfirma (corroboración o refuta) subrayando los resultados obtenidos.

"Puedo probar esto con un artefacto que llamamos 'flight-box': colocaremos al monito frente a un estímulo amenazador escondido y en situación de elegir entre pasar delante del estímulo que lo asusta u llegar hasta su madre de paño o bien llegar a

un lugar donde pueda esconderse del objeto que lo atemoriza. Vamos a probar primero con el monito que siempre conoció a la madre de paño, ¿Qué camino elegirá? ¿El que lleva hacia su madre o el del costado? (El mono elige el camino que va a la madre). Esperábamos esto, pues su sentimiento de bienestar depende del amor de su madre. Si el monito privado de madre ha desarrollado un sentimiento de afecto similar tendremos que obtener los

mismos resultados. (Se coloca un monito de ese grupo y se observa que elige el camino donde se puede esconder). Este monito solo quiso huir: no pudo reemplazar el miedo por el afecto. Esto nos enseña a encontrar una nueva definición de "privación" para describir mejor a estos infantes. La "privación" corresponde a algo que es enormemente importante, que afecta a su personalidad entera, algo que llamamos amor."⁹



2.2 Hipótesis y datos

Volvamos sobre el tema de las *hipótesis científicas*. Dijimos antes que constituyen respuestas a problemas planteados y podríamos completar esta caracterización diciendo que son enunciados afirmados por alguien, un hombre de ciencia o una comunidad científica, en determinado lugar y momento histórico y de los cuales inicialmente se ignora el valor de verdad, aun cuando se suponga que son verdaderas. En principio, las hipótesis que se formulan a propósito de un problema pueden ser múltiples, alternativas y hasta antagónicas y tienen carácter provisorio. El investigador experimentado sabe que es deseable recurrir a la mayor cantidad posible de hipótesis exploratorias y buscar las asociaciones e implicaciones que puedan tener.

¿Cómo pueden clasificarse las hipótesis? Desde un punto de vista cuantitativo pueden ser *generales*, es decir, referirse a la totalidad de los miembros de un conjunto (o clase, en el sentido del término que vimos en Lógica), *estadísticas*, que son aquellas que se refieren a un cierto porcentaje de los miembros de un conjunto o clase, o bien *singulares*, referidas a un individuo determinado dentro de un conjunto o clase. Cuando el objeto al que hace referencia este tipo de hipótesis es observable, la hipótesis será un *enunciado empírico*, lo que significa que se lo puede poner a prueba directamente por medio de la observación o de la experimentación, como señalamos antes. Los enunciados generales, en cambio, no son empíricos en un sentido estricto, pues no pueden ponerse a prueba directamente (nadie puede observar *todos los casos posibles* de fenómenos que se han dado en el pasado, se producen en el presente en distintos lugares y se producirán presumiblemente en el futuro). Así, las hipótesis generales o universales tendrán que ponerse a prueba *indirectamente*; el investigador derivará primero de ellas en forma deductiva algunos enunciados singulares empíricos que se denominarán "*consecuencias observacionales*" y los pondrá a prueba en forma directa.

Este camino, en el que se parte de hipótesis generales para derivar de ellas otras menos generales y de éstas, enunciados empíricos singulares, se denomina *método hipotético-deductivo* y el entramado resultante de las hipótesis relacionadas entre sí deductivamente constituye el cuerpo de una *teoría*. Finalmente, cabe señalar que cuando una hipótesis es muy general y ha sido ampliamente verificada se la considera una *ley* científica.

9. H. HARLOW, loc. cit.

¿Cuáles son las *funciones* de los enunciados hipotéticos? Al responder a esta pregunta se tomará en consideración, en cada caso, el tipo de interrogantes para los cuales se los propone:

Describir	¿Qué son? ¿Cómo son? o ¿Qué características tienen? ¿Cuándo se producen? ¿Dónde? ¿Cuánto duran?, etc.
Explicar	¿Por qué se producen?
Predecir	¿Cuándo se producirán? ¿Dónde? ¿En qué condiciones? ¿Con qué características?

¿Cuáles son los *criterios* que se usan en la estimación del valor o aceptabilidad de las hipótesis?

1. *atingencia*: debe ser capaz de describir y/o explicar el hecho al que se refiere, ya sea en forma directa o indirecta (según se trate de una consecuencia observacional o de una hipótesis general).

2. *posibilidad de ser sometida a prueba*: como señalamos previamente, debe ser posible proponer respecto de ella, o de alguna de las hipótesis que de ella derivan, observaciones y/o experimentos.

3. *compatibilidad con hipótesis previas confirmadas*: la ciencia, al tratar de abarcar cada vez más hechos, tiende a constituir un sistema de hipótesis explicatorias y ese sistema debe ser consistente, ya que si no lo fuera no sería siquiera comprensible. No obstante, muchas de las nuevas hipótesis más importantes (las revolucionarias) son incompatibles con las teorías anteriores y, de hecho, las han reemplazado en lugar de ajustarse a ellas.

4. *simplicidad*: debe ser lo menos compleja posible en su enunciación y no necesitar del auxilio de hipótesis *ad hoc*, que son aquellas que propone el investigador para "salvar" una hipótesis respecto de la cual se han encontrado elementos de prueba negativos.

5. *poder predictivo o explicativo*:¹⁰ tiene que ser capaz de dar razones de la aparición de un amplio conjunto de fenómenos o bien de anticiparlos.

Daremos ahora un ejemplo de problema científico para el que se formularon sucesivamente distintas hipótesis, algunas de las cuales fueron rápidamente descartadas mientras otras fueron puestas a prueba y disconfirmadas (o refutadas) hasta llegar a la que se consideró verdadera.

10 Las explicaciones "clásicas" dentro de la ciencia, y quizá las más habituales, son las que proporcionan las causas de los fenómenos, pero veremos más adelante que hay otros tipos de explicación además de la causal.

“En 1844 Semmelweis era miembro del equipo médico de la Primera División de maternidad del Hospital General de Viena (que constaba de dos divisiones). Durante su desempeño como profesional de la salud, Semmelweis se vio enfrentado a la siguiente situación: *una gran proporción de las mujeres que habían dado a luz en esa división contraían una seria y con frecuencia fatal enfermedad conocida como fiebre puerperal o fiebre post-parto*. Pero, además, Semmelweis contaba con el dato de que el porcentaje de decesos provocados por la misma enfermedad en la Segunda División era mucho menor.

A partir de esos datos Semmelweis se planteó el siguiente problema: *¿por qué las internadas en la Primera División de la Maternidad contraían la enfermedad fatal y morían en mayor proporción que las de la Segunda División?*

Semmelweis analizó sucesivamente las siguientes hipótesis:

1. **La enfermedad era producida por 'cambios atmosférico-cósmico-telúricos' que se extendían por distritos enteros.** (*La descartó* porque no parecía verosímil que la epidemia fuera tan selectiva).

2. **La enfermedad era producida por el hacinamiento.** (*La descartó* porque este era mayor en la Segunda División que en la Primera, por el temor de las pacientes a ingresar en esta última).

3. **La enfermedad era producida por la dieta a la que estaban sometidas las pacientes.** (*La descartó* porque la dieta era igual en ambas divisiones).

4. **La enfermedad era producida por un cuidado general de las pacientes inferior en calidad al de la otra División.** (*La descartó* al comprobar que el cuidado general era similar en ambas divisiones).

5. **La enfermedad se debía a las lesiones producidas por los reconocimientos poco cuidadosos de los estudiantes de medicina.** (*Refutación:* los partos callejeros, realizados por personas más inexpertas, tenían menos secuelas de fiebre puerperal y las parteras que actuaban en la Segunda División realizaban los reconocimientos de pacientes de modo análogo al de los estudiantes).

6. **La enfermedad se debía a que las pacientes se tornaban más propensas a contraerla por la aparición de un sacerdote, precedido de un acólito que hacía sonar una campanilla y producía un efecto terrorífico y debilitante.** (*Refutación:* no hubo cambios cuando se hizo pasar al sacerdote en silencio y por otra sala).

7. **La enfermedad se debía a la posición de las mujeres: mientras las parturientas de la División Primera yacían de espaldas, las de la División Segunda lo hacían de lado.** (*Refutación:* no hubo cambios cuando se modificó la posición de las mujeres haciéndolas yacer de lado).

8. **La enfermedad se debía a un envenenamiento de la sangre producido por materia cadavérica.** (*Origen de la hipótesis:* la muerte de un colega por haber recibido una herida en un dedo producida por el escalpelo de un estudiante con el que estaba realizando una autopsia. *Corroboración:* hizo que los estudiantes lavaran sus manos con cal clorurada para destruir el material infeccioso adherido a ellas y la mortalidad comenzó a decrecer).

La hipótesis corroborada resulto *fértil* porque explicó no solo por qué la frecuencia de contagio de la enfermedad fatal era alta en la Primera División sino también por qué era baja en la Segunda, por qué también era baja en el caso de los partos callejeros y por qué las madres transmitían la enfermedad a sus hijos (a través de la corriente sanguínea)."¹¹



13. Hagan un mapa conceptual que integre todo lo que ustedes vieron en el apartado anterior sobre las hipótesis científicas.

14. Propongan ejemplos de consecuencias observacionales a partir de distintas hipótesis de Harlow y de Semmelweis (seis ejemplos en total).

15. Ensayen una definición del término "fértil" aplicado a las hipótesis (recuerden que ya lo vimos respecto de los axiomas) y luego digan si la hipótesis central de Harlow puede considerarse fértil. Justifiquen la respuesta.



Para poner a prueba las hipótesis es necesario, como dijimos antes, observar determinados fenómenos o experimentar con ellos. Esos fenómenos constituyen, así, la *base empírica* sobre la que se apoya el edificio de la ciencia fáctica, y es a partir de ella que el científico recoge los datos que, confrontados con la hipótesis, permitirán contrastarla. Los fenómenos pueden ser accesibles a los sentidos en forma inmediata o pueden requerir para su captación el empleo de determinados instrumentos que funcionan como intermediarios (por ejemplo, microscopios, telescopios, termómetros y tensiómetros)

Pero, además de esos objetos que constituyen la base empírica y respecto de los cuales tenemos datos, existen otros que no se pueden percibir ni en forma inmediata ni mediata, pero cuya existencia se puede inferir a partir de ciertos datos; tal es el caso, por ejemplo, del campo magnético, que no es nunca observable en tanto tal pero cuya presencia se puede detectar a través de las oscilaciones de una aguja imantada. Así como utilizamos *términos empíricos* para referirnos a los primeros, usamos *términos teóricos* para referirnos a estos últimos, y así como mencionamos antes una base empírica tenemos que reconocer ahora una *zona teórica*.

La base empírica es muy importante como elemento de control de la adecuación o inadecuación de una teoría pero recordemos que, como decía Poincaré, físico y epistemólogo contemporáneo, "la ciencia se construye con hechos así como una casa se construye con piedras; pero una acumulación de hechos no es una ciencia, del mismo modo que un montón de piedras no es una casa"¹². Desde un punto de vista práctico o tecnológico, la base empírica es fundamental, pero son las leyes explicativas ligadas a objetos teóricos las que brindan un conocimiento más profundo de la realidad.

11. El ejemplo fue propuesto por C. HEMPEL (ver bibliografía) y retomado en distintos libros sobre metodología científica, como el de H. MIGUEL y E. BARINGOLTZ (también citado en la bibliografía).

12. W. BURTON, R. KIMBALL y R. WING, op. cit., pág.95.

Al hablar de la puesta a prueba de las hipótesis mencionamos antes dos procedimientos diferentes pero relacionados entre sí:

1. La *observación: búsqueda de datos* que se controlan y sistematizan de acuerdo con ciertas normas a partir de una percepción *intencionada*, –que, a diferencia de la percepción espontánea, no es azarosa– e *ilustrada*¹³, –que va guiada por un cuerpo de conocimiento previo–.

2. La *experimentación*: observación provocada que permite controlar y así mejorar la sistematización de los datos. Como ya vimos al analizar la investigación de Harlow, en el experimento se provoca deliberadamente algún cambio dentro de un medio controlado y se observa e interpreta su resultado. Así, los estímulos, que constituyen la variable independiente, pueden aplicarse directa o indirectamente, registrarse, medirse y variarse y las reacciones del objeto, que constituyen la variable dependiente, pueden observarse y medirse.

En algunos casos no es posible aplicar los estímulos a sistemas reales, ya sea a causa de limitaciones técnicas, ya sea por razones morales. En esos casos pueden practicarse experimentos con *modelos*. Así, por ejemplo, los ingenieros construirán modelos de diques a pequeña escala y someterán esos modelos a estímulos del tipo que les interesa para extrapolar luego los resultados al sistema original. Cuando ni siquiera pueden conseguirse esos modelos concretos, el investigador imagina un *modelo conceptual* que imita algunos rasgos del sistema real y practica mentalmente en él algunos cambios para estimar las reacciones correspondientes con la ayuda de alguna teoría: esto se llama *experimento mental*.

¿Cuáles son las *condiciones* para un *experimento bien realizado*?

1. Debe ser tal que *se modifique una sola variable por vez*, porque, si esto no ocurriera, el investigador no sabría a qué causa atribuir el efecto observado.

2. Debe *evitarse que factores ajenos influyan sobre el fenómeno* que se va a investigar, es decir, hay que procurar aislar la variable independiente todo lo que se pueda (por eso las condiciones de laboratorio son las más deseables).

3. Debe utilizarse *un grupo experimental y otro de control* que sean equivalentes, por lo menos, en función de los problemas estudiados, para poder comparar los resultados obtenidos.

4. Debe ser *repetible*, esto es, debe poder ser realizado por otros investigadores con resultados similares. No resultaría aceptable para la comunidad científica un experimento que realizara un solo investigador y que nadie más pudiera hacer.

Supongamos ahora que tenemos un problema y que se han propuesto para resolverlo dos hipótesis alternativas e incompatibles entre sí, H_1 y H_2 . Puede suceder que de la hipótesis H_1 se deduzca una consecuencia observacional O_1 y que de la hipótesis alternativa, H_2 , se deduzca otra, O_2 , pero que, por casualidad, O_2 sea precisamente la negación de O_1 . Si acontece esta situación, no se necesita poner a prueba cada consecuencia observacional efectuando por separado una observación per-

13. Se usa “ilustrada” en el mismo sentido que adopta la palabra cuando decimos de alguien que es “ilustrado” por oposición a “ignorante”.

tinente. Si la consecuencia O_1 afirma lo que la consecuencia O_2 niega, una sola observación bastará porque será suficiente para salir de dudas en cuanto a cuál de las dos es verdadera; así se puede eliminar una de las dos hipótesis rivales que queda refutada. Este experimento (u observación) se denomina *crucial*. Hay un ejemplo clásico al respecto, que es el de las dos teorías sobre la forma de la Tierra. Si esta fuera plana, los barcos, al alejarse, desaparecerían de golpe en el horizonte, y si fuera esférica desaparecerían en forma gradual. La primera consecuencia observacional excluye a la segunda y viceversa (volveremos sobre este ejemplo más adelante).



1. Trabajando en grupo, respondan: ¿están ustedes de acuerdo en que la base empírica es subsidiaria de la parte teórica? Argumenten y contraargumenten al respecto (propongan la respuesta afirmativa o negativa que cada uno de ustedes daría, formulen por lo menos un argumento que la apoye y registren el argumento de quien dio la respuesta contraria).

2. Analicen grupalmente el siguiente ejemplo señalando:

2.1. los pasos del método científico (si falta algún paso, complétenlo).

2.2. las variables independiente y dependiente.

2.3. si el experimento cumple con las condiciones requeridas para que se lo considere satisfactorio.

2.4. si el término frustración es empírico o teórico.

“Varios psicólogos, interesados en la relación existente entre frustración y agresión, se plantearon la posibilidad de que sujetos humanos y animales aprendieran distintos tipos de conductas agresivas. Así, planearon y llevaron a cabo el siguiente experimento: colocaron un par de ratas blancas en una jaula que tenía el piso conectado con una red electrificada. A través de la red se les aplicaba una débil descarga eléctrica, suficiente para molestar-

las. Cuando las ratas, por casualidad, adoptaban una posición como de lucha entre ellas, el experimentador cortaba la corriente. De este modo el acto de luchar era retribuido, cada vez que sucedía, con una liberación de la descarga. Las ratas aprendieron rápidamente a desarrollar conductas agresivas cada vez que la corriente se restablecía. Esto se repitió con distintos pares de ratas en la misma jaula y se llegó a resultados parecidos. En otra jaula que no tenía ninguna característica especial fueron dejados pares de ratas similares a las anteriores por el mismo período de tiempo y no se observaron conductas agresivas entre ellas. Los investigadores llegaron a la conclusión de que las ratas, frustradas por la molestia o el dolor que experimentaban, asociaban las conductas agresivas con el alivio de dicha molestia.”

3. Vuelvan a leer los experimentos realizados por Harlow que figuran en el apartado anterior y digan si satisfacen las condiciones exigibles a un experimento bien realizado. Justifiquen la respuesta.

4. Con lo que han aprendido sobre esa investigación referida al amor del infante hacia su madre, elaboren tres enunciados hipotéticos e intercámbienlos para revisarlos antes de entregar los de todo el grupo: uno de los enunciados será descriptivo, otro explicativo y otro predictivo.



2.3 Leyes y teorías

Una *teoría* científica puede definirse como un conjunto de hipótesis relacionadas entre sí que incluye aquellas hipótesis generales (leyes o principios, según los casos) que son tomadas como punto de partida de una investigación, las que derivan deductivamente de ellas (hipótesis derivadas) y las consecuencias observacionales, de-

ducidas a su vez de las anteriores. Como ya lo dijimos, la teoría no supone una yuxtaposición de enunciados sino esos mismos enunciados más su entramado lógico.

Los principios de una teoría son las *premisas* a partir de las cuales se construirán *razonamientos correctos* que permitirán producir como *conclusiones* las hipótesis derivadas. Este proceso es de fundamental importancia, pues nos permite hallar las consecuencias observacionales de la teoría y, a través de ellas, ponerla a prueba; mediante observaciones y/o experimentos adecuados se podrán contrastar consecuencias observacionales y según si estas resultan *verdaderas* o *falsas* se considerará que la teoría ha sido *corroborada* o *refutada*.

Cuando ocurre esto último se busca establecer qué hipótesis se deberían descartar y cuáles podrían mantenerse. Para ello se dejan algunas hipótesis sin alterar y se niegan otras; si para la teoría así modificada encontramos todavía elementos de prueba negativos se introducirán nuevos cambios, siguiendo la línea señalada, hasta que alguna de las teorías alternativas resulte adecuada. Si, por el contrario, ocurre que ninguna lo es, será necesario descartarlas definitivamente y elaborar una teoría diferente.

Mencionamos recién uno de los requisitos metodológicos fundamentales de una teoría: su posibilidad de ser puesta a prueba. Hay otros requisitos que incluimos, junto con el anterior, en el siguiente cuadro:

REQUISITOS
METODOLÓGICOS DE
LAS TEORÍAS

1. entre las hipótesis que forman parte de la teoría no deben existir *tautologías*.
2. no debe haber entre las hipótesis *contradicciones*.
3. *contrastabilidad*: una teoría es aceptable desde el punto de vista científico si tiene consecuencias observacionales.

El profesor Gregorio Klimovsky, en su libro *Las desventuras del conocimiento científico*, propone y desarrolla, como ejemplo de teoría científica, la de Darwin, teoría que podría esquematizarse así:

Problema: ¿cuál es el origen de las especies más recientes, de las cuales no hay rastros en las capas geológicas más antiguas?

Hipótesis anteriores:

1. Hubo un encadenamiento de etapas geológicas separadas por grandes cataclismos en cada una de las cuales Dios habría efectuado un nuevo acto de creación. (Cuvier)
2. Las nuevas especies provienen realmente de especies anteriores por un fenómeno secular de cambio. La evolución se basaría en la capacidad de los individuos de alterar su fisiología, su conducta o sus atributos como resultado del desafío del ambiente con una suerte de acomodación al mismo, siendo estos cambios hereditarios. (Lamarck)

A Zamboni - Encuentro - Editorial Trilce

Hipótesis de Darwin:

fundamentales (o principios de su teoría):

H₁. El crecimiento potencial de una población aislada responde a una ley empírica de la siguiente naturaleza: es exponencial o geométrica.

H₂. El número efectivo de miembros de una especie en un hábitat cerrado no puede aumentar más allá de cierto número debido a la limitación impuesta por los recursos alimentarios.

H₃. En la descendencia de los individuos aparecen con frecuencia variaciones, es decir, características que los padres no poseen y que son, en la mayoría de los casos, heredables.

derivadas de H₁ y H₂:

H₄. Acontece una lucha por los alimentos entre los individuos y finalmente algunos mueren de hambre (*"lucha por la existencia"*).

derivadas de H₁:

H₅. Los individuos que tienen características más favorables entre los que compiten han de sobrevivir en tanto que los más incompetentes desaparecerán (*"supervivencia del más apto"*).

derivadas de H₅ y H₃:

H₆. Los hijos de los más aptos para sobrevivir heredan las características favorables y, a medida que transcurren las generaciones, aumenta el número de individuos que las poseen y disminuye el de los que no las tienen (*"selección natural"*).

pinzones

fauna del Ártico

antibióticos

mosca de la fruta

polillas de Liverpool y Manchester

Aplicaciones: mejoramiento del ganado y control de plagas (agronomía y veterinaria), conservación de ecosistemas (ecología)¹⁴.

○

16. Busquen en algún libro de Biología o consulten al profesor de la materia acerca de alguna de las contrastaciones (que corresponden a elementos de prueba) de la teoría darwiniana que aparecen en el cua-

dro sinóptico anterior y desarróllenla a continuación.

17. Propongan una justificación para cada uno de los requisitos metodológicos de una teoría propuestos antes.



14. G. KHIMOVSKY, op. cit., cap. II.

2.4 Explicación y predicción científicas

¿Para qué sirven las teorías? Recordemos las funciones de las hipótesis y señalemos que son pocas las teorías puramente descriptivas. Podríamos decir que las teorías buscan sobre todo *explicar y/o predecir* aquellos fenómenos que intrigan a los científicos y que ellos desearían comprender.

¿Qué semejanza y qué diferencia hay entre ambas expresiones? “Explicar”, en el contexto de la ciencia, es dar las razones –en la mayor parte de los casos, las causas– por las cuales se produjo un hecho (*explicación científica*), mientras que “predecir” significa anticiparse a un hecho con precisión, pero en ambos casos se requiere que haya por lo menos un enunciado general (una ley) y que se conozcan determinados datos. De ese enunciado general y de los datos singulares se tendrá que deducir la consecuencia observacional correspondiente, que será una explicación si se produce después del hecho o una predicción si lo anticipa (“principio de **simetría** entre explicación y predicción”). Si se hace una predicción y esta se cumple, entonces automáticamente se transforma en una explicación.

¿Cuál es la diferencia entre una *predicción científica* y una profecía? A diferencia de la predicción científica, la profecía es una afirmación acerca del futuro que **no** está ligada a una deducción a partir del conocimiento admitido.

Hay distintos modelos de explicación: 1) el *nomológico-deductivo*, también llamado *explicación por leyes*, que es, en rigor, el modelo al que se aplica la caracterización anterior, 2) el *estadístico*, que se diferencia del modelo anterior a) en que recurre a **enunciados estadísticos** o **probabilísticos** en lugar de recurrir a enunciados universales y b) en que la inferencia que permite pasar de las premisas a la conclusión no es deductiva sino **inductiva**, con lo que la conclusión será solo probablemente (y no necesariamente) verdadera¹⁵ (se lo usa con mayor frecuencia en disciplinas como la Sociología, en las cuales no se dispone de leyes en el sentido tradicional), 3) el de la *explicación genética*, introducida por algunos historiadores para señalar la posibilidad de explicar hechos históricos sin emplear leyes (consistiría en tratar de comprender un hecho histórico señalando una sucesión de hechos anteriores encadenados de tal manera que indicaran un proceso cuyo final consiste en el hecho que queremos explicar) y 4) el de la *explicación teleológica*, que intenta explicar un hecho que ocurre en el presente en virtud de algo que ocurrirá en el futuro (por ejemplo, las explicaciones por motivaciones en el caso de conductas humanas en Psicología).

○

18. Ejemplifiquen de modo personal, recurriendo a los materiales que tengan de distintas ciencias, dos de los modelos de explicación científica propuestos.

19. ¿A qué modelo de explicación científica responde la teoría de Darwin? Justifiquen la respuesta.

20. Imaginen que un astrólogo les dice que puede predecir la conducta de una determinada persona sabiendo a qué signo del zodiaco pertenece y que ustedes sostienen con argumentos que lo que él propone no es una predicción. Elaboren el diálogo correspondiente.



15 Se tratará de una inducción por enumeración, tipo de razonamiento que estudiamos en la Unidad 2.

2.5 La problemática de las Ciencias Sociales

Como señalamos antes frente al interrogante planteado al final de la breve historia de la ciencia, esto es, si es posible estudiar al ser humano y sus procesos aplicando los métodos de las Ciencias Naturales y formulando leyes generales tal como hacen los científicos de esa área, surgieron distintas respuestas. Estas pueden agruparse en dos corrientes epistemológicas en ciencias sociales: **1) el Explicacionismo** y **2) el Comprensivismo** (que incluye la llamada Teoría Hermenéutica).

1) Los expertos en Ciencias Sociales que adhieren al **explicacionismo** consideran que estas ciencias *si pueden formular leyes generales y también pueden verificar sus hipótesis a través de métodos empíricos similares a los de las ciencias de la naturaleza, particularmente la Física*. C. Hempel, renombrado epistemólogo contemporáneo, dice que *"Las leyes generales tienen funciones totalmente análogas en la Historia y en las Ciencias Naturales; son un instrumento indispensable de la investigación histórica y constituyen la base común de diversos procedimientos considerados a menudo como propios de las Ciencias Sociales (...) (Tanto la Historia como las Ciencias Naturales) explican sus temas solo en términos generales y la Historia puede "captar la individualidad singular" de sus objetos de estudio ni más ni menos que la Física o la Química."*¹⁶

Sin embargo, podrían presentarse ciertas objeciones a esta propuesta, pues podría sostenerse que no es lo mismo estudiar el movimiento del péndulo que el movimiento migratorio en el S. XIX, por poner solo un ejemplo.

Una posible crítica al explicacionismo consistiría en afirmar que las Ciencias Sociales no pueden verificar sus hipótesis mediante experimentos. Es cierto que aquellas pruebas que pongan en riesgo la salud física o moral de las personas sujeto de la investigación no pueden realizarse por motivos éticos (tal vez estudiaron en Psicología los experimentos que realizó Watson a principios del s. XX con un niño llamado Albert. Este es un ejemplo de pruebas que hoy no estarían permitidas). Sin embargo, no toda experimentación implica eventuales daños a las personas y, de hecho, en Ciencias Sociales se realizaron experimentos notables, tales como los que realizó Kurt Lewin, fundador de la Psicología Social, con niños, estudios que constituyeron un gran aporte al conocimiento acerca del hombre en su actuar social.

Por otra parte, en Ciencias Sociales se cuenta también con la herramienta del cálculo estadístico¹⁷ y, obviamente, también se cuenta con la observación fuera del laboratorio.¹⁸

Otro fenómeno interesante en las Ciencias Sociales y que se suele plantear como objeción en contra del explicacionismo es la existencia de las *predicciones suicidas* y las *profecías autorrealizadoras*.

16 C. HEMPEL, *La explicación científica*, op. cit., pp. 233 y 235.

17 En el análisis estadístico lo que se manipulan no son fenómenos reales sino datos. Así, la variable independiente es reemplazada por lo que se llama "variable de prueba".

18 Es importante señalar que cuando se realizan experimentos en Ciencias Sociales a menudo no se le dice al sujeto experimental cuál es el objetivo del estudio, para evitar que no sea sincero o que modifique su conducta.

Se conoce como **predicción suicida** a toda aquella predicción que es verdadera en el momento en el que se la formula pero que, merced a su difusión, genera un cambio en la conducta de la población, lo cual determina que la predicción no se cumpla. Así, por ejemplo, si en los principales periódicos aparece la noticia "Se prevé caos de tránsito hoy en el centro de la ciudad debido a protestas callejeras", es posible que muchos de los que pensaban ir al centro de la ciudad decidan no ir y el caos no se produzca.

La **profecía autorrealizadora** o **autocumplida** es la inversa. Es aquella predicción que es falsa cuando se la formula pero que, al ser difundida, genera conductas tales en la población que determinan el cumplimiento del anuncio. Así, si los principales medios de difusión anuncian una fuerte caída en la bolsa de valores, aunque sea falso, la mera difusión del anuncio hará que muchos accionistas salgan a malvender sus acciones, produciendo la anunciada caída.

La existencia de estos dos tipos de predicciones, sin embargo, no prueba que no se pueda predecir en Ciencias Sociales. Simplemente muestra que es imperioso tener en cuenta los cambios que las noticias pueden generar en las personas.

Tal vez uno de los obstáculos más importantes para el intento explicacionista de acercar a las Ciencias Sociales el método de las Ciencias Naturales es la manifiesta **dificultad para formular leyes generales** en lo que atañe a las personas. Si admitimos la existencia de la libertad como propia del ser humano, entonces debemos aceptar que una misma persona puede actuar de maneras diversas aun ante situaciones similares (tanto más, naturalmente, si consideramos grupos humanos diversos, así como el condicionamiento histórico que determina peculiaridades que parecen irrepetibles en cada momento de la historia). ¿Cómo formular, entonces, leyes generales (o transculturales)? Muchos investigadores consideran que las diferencias que se dan entre una cultura y otra pueden ser distintas manifestaciones de una estructura común (así, por ejemplo, la prohibición del incesto parece ser universal y solo admite excepciones en algunas culturas entre miembros de la casta real). Sin embargo, admiten que las generalizaciones en Ciencias Sociales son estadísticas, esto es, admiten excepciones.

Por último, la segunda dificultad importante en Ciencias Sociales es la aparente imposibilidad de lograr una neutralidad valorativa por parte del investigador (en otros términos, que sea objetivo). La tendencia del científico, marcada por lo que él considera el "ideal social", determinará qué datos escoja como relevantes, qué datos desprecie, cómo los interprete y qué conclusiones extraiga, entre otros aspectos. En análisis más recientes se muestra el efecto de la imposibilidad de la neutralidad valorativa también en las Ciencias Naturales (aunque ciertamente resulte más notable en Ciencias Sociales). Tal vez un modo de mitigar los efectos de la falta de neutralidad valorativa resida en la crítica mutua. Una presentación muy tendenciosa y puramente subjetiva probablemente no resistirá los ataques de sus oponentes y caerá en el olvido. De este modo, resisten solo las posturas mejor fundamentadas y más cercanas a lo que podría considerarse una verdad objetiva.

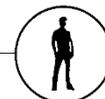


21. Averigüen en Internet o en libros de Psicología en qué consistieron los estudios de Watson y de Lewin y descríbanlos. Analicen luego por qué los del primero son objetables desde el punto de vista ético y no lo son, empero, los del segundo.

22. Propongan un ejemplo personal de cada

una de las dos predicciones que se describieron antes: predicción suicida y profecía autorrealizadora.

23. Consideren un suceso histórico relevante y describan dos versiones diferentes acerca de él debidas a posturas opuestas de los historiadores que lo interpretaron.



2) El **comprehensivismo** surgió dentro del ámbito de una ciencia social en particular donde parece imposible, o al menos muy difícil, formular leyes generales. Esta ciencia es la Historia.

De acuerdo con los seguidores de esta postura, pretender encontrar regularidades entre los fenómenos sociales es imposible, pues no hay dos hombres iguales, dos culturas iguales ni dos momentos históricos iguales. En lugar de formular leyes generales, por lo tanto, el científico social debe comprender el significado de las conductas que observa, y esto se logra interpretando los datos que configuran la trama conceptual en la cual actúan los individuos o grupos. Esto significa que el investigador no puede permanecer al margen de su objeto de estudio sino que debe lograr una comprensión empática del mismo, es decir, una aptitud para ponerse en el lugar del otro, ver cuáles son los valores imperantes en la cultura o momento histórico que está estudiando, sus costumbres, preferencias, etc. Esto permite un conocimiento profundo de los hechos que se estudian y de sus protagonistas.



5. Divididos en grupos discutan cuál de las dos posiciones –explicacionismo o comprensivismo– les resulta más aceptable y por qué. Recojan los argumentos a favor y en contra

de cada una que se propongan dentro del grupo. Se puede hacer una puesta en común final del tema.



C. Algunas teorías epistemológicas

Los filósofos de la ciencia (o epistemólogos) sostienen posiciones diferentes con respecto al modo en que se ponen a prueba los enunciados científicos, los tipos de razonamientos que involucran y, a veces, el proceso mismo de investigación. A continuación veremos algunas de las teorías contemporáneas más representativas.

Quizás al leer los pasos del método científico al comienzo del apartado sobre Ciencias Fáticas les sorprendió encontrar que la observación, en lugar de estar al principio –como suele creerse comúnmente–, aparecía más tarde, en relación con la puesta a prueba de la hipótesis. Justamente, la posición que sostiene que la ciencia parte de los datos proporcionados por la observación es la que vamos a analizar en primer término y corresponde a lo que Alan Chalmers llama “el inductivismo ingenuo”¹⁹.

1. El inductivismo

En su forma más simple, la posición inductivista sostiene que el científico comienza por observar aquellos fenómenos que le interesan, formula proposiciones singulares que contienen datos y, a partir de ellos y por generalización, enuncia leyes y teorías. Un ejemplo de proposición singular (o enunciado observacional) sería la afirmación *“Este papel de tornasol se vuelve rojo al ser sumergido en este líquido que es un ácido”*. La proposición general que le corresponde es *“Los ácidos vuelven rojo al papel de tornasol”* y a ella se llegaría partiendo de aquella –y de otras proposiciones singulares–.²⁰

Para establecer si la primera es verdadera, basta con realizar en un determinado momento y en un determinado lugar una observación cuidadosa, mientras que para verificar la segunda será necesario poder presentar un gran número de observaciones hechas en una amplia variedad de condiciones. Se deberá hacer la prueba con distintos papeles de tornasol, con distintos ácidos y en distintos momentos para considerar que la generalización es aceptable. El razonamiento realizado en este caso será del tipo inductivo por enumeración:

El papel tornasol A_1 colocado en el ácido B_1 se vuelve rojo.

El papel tornasol A_2 colocado en el ácido B_2 se vuelve rojo.

El papel tornasol A_3 colocado en el ácido B_3 se vuelve rojo.

.....

Todos los papeles tornasol, colocados en ácido, se vuelven rojos.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, la postura inductivista (ingenua) sostiene que la ciencia se basa sobre el principio de inducción, que se puede formular así:

*“Si en una amplia variedad de condiciones se observa una gran cantidad de A y si todas las A observadas poseen (...) la propiedad B , entonces todas las A tienen la propiedad B .”*²¹

19 A. CHALMERS, op. cit., pág. 12.

20 A. CHALMERS, op. cit., pp. 13-14.

21 A. CHALMERS, op. cit., pág. 16.

De este modo, para el inductivismo (ingenuo) la ciencia avanza sobre la base de la incorporación de un número cada vez mayor de datos que van enriqueciendo la base empírica, y esto permite, a su vez, la formulación de un número también creciente de hipótesis generales, leyes y teorías. Pero, como estas últimas deben cumplir las funciones de explicar y predecir fenómenos, será necesaria ahora la utilización de razonamientos deductivos de este tipo:

"Si todos los ácidos vuelven rojo al papel tornasol y este líquido es un ácido, entonces el papel tornasol que colocaré en él se volverá rojo."

El esquema usado ha sido, en esta segunda etapa, el siguiente:

Hipótesis generales y/o leyes y/o teorías

Condiciones iniciales

.....

Explicación y predicción

Sintetizando, el inductivista (ingenuo) sostendrá que la ciencia utiliza tanto razonamientos inductivos como deductivos y que lo fundamental es que parte de una base empírica.

Las críticas más importantes que dirige Chalmers a esta postura son dos:

1. No se puede justificar el principio de inducción sobre bases lógicas. Aquí cita el autor el ejemplo del pavo inductivista propuesto por B. Russell.

*"Este pavo descubrió que, en su primera mañana en la granja acícola, comía a las 9 de la mañana. Sin embargo, siendo, como era, un buen inductivista, no sacó conclusiones precipitadas. Esperó hasta que recogió una gran cantidad de observaciones del hecho de que comía a las 9 de la mañana e hizo estas observaciones en una gran variedad de circunstancias: en miércoles y en jueves, en días fríos y calurosos, en días lluviosos y en días soleados. Cada día añadía un nuevo enunciado observacional en su lista. Por último, su conciencia inductivista se sintió satisfecha y efectuó una inferencia inductiva para concluir 'Siempre como a las 9 de la mañana'. Pero ¡ay! se demostró de manera indudable que esta conclusión era falsa cuando, la víspera de Navidad, en vez de darle comida, le cortaron el cuello. Una inferencia inductiva con premisas verdaderas había llevado a una conclusión falsa."*²²

2. Los enunciados observacionales presuponen ya un marco teórico; para citar algunos casos, la lectura de datos a partir de un determinado instrumental, por ejemplo, microscopios o telescopios, implica ya una determinada interpretación de los elementos percibidos; el lenguaje en el que se enuncia la observación incluye ya ciertos elementos teóricos (un ejemplo de enunciado observacional en lenguaje corriente, tal como "El pasajero se cayó cuando el colectivo arrancó bruscamente", implica asociar la caída del pasajero con un movimiento del vehículo en que se hallaba y no, pongamos por caso, con el mal de ojo que pudo provenir de un distante enemigo supersticioso).

22 A. CHALMERS, op. cit., pp. 28-29.



24. Releyendo las investigaciones de Harlow sobre monos *rhesus* utilizada como ejemplo de aplicación del método científico, enuncien una proposición singular y otra general, que se relacione con ella, referidas al tema del vínculo materno-filial. Luego, construyan un razonamiento induc-

tivo que podría haber hecho Harlow (siempre relacionado con el mismo tema).

25. Elaboren algún ejemplo similar al del pavo inductivista.

26. Elijan una de las críticas anteriores y justifiquen sus acuerdos o desacuerdos con ella.



2. El falsacionismo

A diferencia del inductivista, el falsacionista sostiene que la teoría guía la observación en lugar de surgir como consecuencia de ella. Las teorías científicas son intentos de responder a problemas planteados que no fueron adecuadamente resueltos por teorías anteriores o bien de explicar fenómenos cuyas conexiones con otros fenómenos son poco conocidas. Luego de ser formuladas, las teorías deben ser puestas a prueba cuidadosamente mediante la observación y la experimentación y solo se deben aceptar aquellas que resistan las pruebas más rigurosas. Aun estas serán consideradas provisionales y podrán ser reemplazadas por otras en la medida en que aparezcan nuevos elementos de prueba empíricos.

¿Sobre qué basa el falsacionista su propuesta? Fundamentalmente sobre la asimetría lógica que existe entre la confirmación y la refutación de las hipótesis. Suponiendo que se afirma "*La mescalina produce en los sujetos normales alucinaciones generalmente no figurativas, de vívidos colores y formas geométricas*", y se tiene como elemento de prueba favorable el caso de Juan P, que ingirió mescalina, el razonamiento correspondiente a la confirmación de la hipótesis sería:

1. Si en todos los casos la ingestión de mescalina produce alucinaciones de cierto tipo (no figurativas, etc.), entonces Juan, que la ingiere, tendrá ese tipo de alucinaciones.

Juan P, que ingirió mescalina, tuvo alucinaciones de ese tipo.

Por consiguiente, en todos los casos la ingestión de mescalina provoca alucinaciones de cierto tipo (no figurativas, etc.).

Supongamos ahora que con la misma afirmación inicial se tiene como elemento de prueba desfavorable que Pedro Z ingirió mescalina y no tuvo alucinaciones de ningún tipo. El razonamiento correspondiente a la refutación de la hipótesis sería:

2. Si en todos los casos la ingestión de mescalina provoca alucinaciones de cierto tipo, entonces Pedro Z, que la ingiere, tendrá alucinaciones de ese tipo.

Pedro, que ingirió mescalina, no tuvo alucinaciones de ese tipo.

○

27. Simolicen ambos razonamientos en el cálculo de proposiciones y luego busquen en la Unidad 2 la técnica del condicional asociado. Apliquen dicha técnica en el caso de ambas formas lógicas de modo de poder establecer cómo son ambos razonamientos en relación con su corrección o incorrección.



Por consiguiente, es falso que en todos los casos la ingestión de mescalina provoque alucinaciones de cierto tipo (no figurativas, etc.).

Se puede concluir de lo anterior que la confirmación de una hipótesis a la manera inductivista no es nunca definitiva, ya que, por más elementos de prueba que se lograra reunir, la hipótesis –conclusión del razonamiento 1– podría ser falsa. K. Popper, epistemólogo inglés contemporáneo, propone en su obra *The Logic of Scientific Discovery* –el texto falsacionista clásico– que el científico, en lugar de intentar confirmar su hipótesis, debe procurar *falsarla*. Si y solo si la hipótesis “prueba su temple” resistiendo a los intentos reiterados de falsación podrá ser considerada un enunciado aceptable. Aun así, la hipótesis quedará solamente *corroborada*.

¿Cuál es la condición que debe satisfacer una hipótesis para ser falsable? Tiene que existir un enunciado observacional o un conjunto de enunciados observacionales y lógicamente posibles que sean incompatibles con ella. Si estos son establecidos como verdaderos, se dice que falsan la hipótesis.²³

Se pueden proponer los siguientes ejemplos:

1. “En Buenos Aires todos los 9 de julio nieva.”
2. “Todos los gatos son negros.”
3. “Si aplicamos una fuerza a un cuerpo determinado, este sufre una variación en su velocidad –es decir, una aceleración– tanto mayor cuanto más grande sea la fuerza aplicada.”
4. “Los planetas realizan un movimiento de traslación alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas.”

Para falsar la primera basta señalar que el 9 de julio de 2004 no nevó en Buenos Aires y, para la segunda, que existe por lo menos un gato que no es negro. Ambas, efectivamente, son **falsas**. Del mismo modo, existe la posibilidad lógica, aunque no lo podamos constatar en la realidad, de que la aceleración del cuerpo sea independiente de la fuerza aplicada (3er ejemplo) o de que los planetas describan órbitas de otro tipo (4to ejemplo). No obstante, hasta ahora consideramos que ambas son verdaderas.

No son falsables, en cambio,

5. “Nieva o no nieva.”
6. “Todo triángulo es una figura de tres lados.”
ya que serán verdaderas en cualquier caso.



Karl Popper constituye uno de los exponentes del falsacionismo, según el cual se deben someter las teorías a pruebas rigurosas.

23 A. CHALMERS, op. cit., pp. 61 y 72.

A la ciencia le interesa, según Popper, que las teorías y las hipótesis tengan un alto contenido informativo que pueda ser bien respaldado por la experiencia y no un alto grado de probabilidad lógica que indique un contenido poco informativo. Se recuerda al respecto el caso de las tautologías, cuyo valor informativo es nulo. Por eso se exige que cumplan ciertas condiciones: claridad, precisión y generalidad.

En cuanto a precisión se diferenciarán, por ejemplo, de las predicciones astrológicas, caracterizadas por su vaguedad. No es fácil falsar, para tomar un caso, que “los nacidos bajo cierto signo ‘tendrán un día de nervios’ o ‘una sorpresa agradable’ dentro de una semana determinada”.

No obstante, tampoco la refutación, en el contexto de las teorías científicas, es suficiente para descartar en forma definitiva una hipótesis. Tomemos el caso del experimento crucial, del que hablamos antes. Un ejemplo clásico al que hicimos referencia allí es el propuesto por Copérnico y citado por Copi en *Introducción a la Lógica* para probar que la superficie de la Tierra es esférica (H_1). La hipótesis rival era que la superficie de la Tierra es plana (H_2). Copérnico presentó como prueba la desaparición gradual de los barcos en el horizonte (primero el casco, después los mástiles) (P_1). Si la Tierra hubiera sido plana, los mástiles habrían debido desaparecer junto con el casco (P_2). El razonamiento sería así:

$H_2 \Rightarrow P_2$	Al no ocurrir P_2 queda falsada H_2 .
$\rightarrow P_2$	Sin embargo, podríamos suponer que la luz tiene una trayectoria curva y no rectilínea, en cuyo caso, aun siendo la Tierra plana, podríamos tener P_1 ; en ese caso, se estaría suponiendo, junto a H_2 , otra hipótesis H_3 , la de la trayectoria rectilínea de los rayos de luz. El razonamiento ahora sería así:
$\rightarrow H_2$	

$(H_2 \wedge H_3) \Rightarrow P_2$	La refutación afecta a la conjunción de ambas hipótesis pero, como para que una conjunción sea falsa basta con que lo sea uno de sus miembros, podría ocurrir que H_2 fuera verdadera y H_3 falsa. Serían necesarios entonces nuevos elementos de prueba que las afectaran por separado. Aun así quedaría la posibilidad de que, al ponérsela a prueba, se la estuviera comprobando en conjunción con otra hipótesis y así sucesivamente. Este problema que trae aparejada la refutación decisiva de una hipótesis deriva de que, en ciencia, las proposiciones no se ponen a prueba aisladamente, sino integrando un cuerpo coherente de afirmaciones.
$\rightarrow P_2$	
$\rightarrow (H_2 \wedge H_3)$	



28. Revisen la clasificación de proposiciones según su tabla de verdad en la Unidad 2 y señalen a qué tipos de proposiciones pertenecen los ejemplos 1 a 4 y a cuál 5 y 6. Justifiquen sus respuestas.

29. Elaboren un cuadro comparativo señalando las principales diferencias entre inductivismo y falsacionismo; al hacerlo, expliciten los criterios de comparación utilizados.



3. Los programas de investigación

Otra voz diferente en la polémica entre epistemólogos es la de I. Lakatos, quien toma como punto de partida que los científicos trabajan inmersos en determinados programas de investigación, cada uno de los cuales incluye ciertas hipótesis que los investigadores en cuestión no estarían dispuestos a abandonar. Lakatos llama *núcleo central* o *núcleo duro* al conjunto de tales hipótesis, más allá del cual existe un *cinturón protector* del núcleo central que consta de aquellas hipótesis y teorías que los científicos aceptarían modificar. Esta región es la que contiene más afirmaciones dentro del programa de investigación. En ella figuran todos los datos y registros que corroboran la teoría en cuestión y todas las demás teorías necesarias para continuar el programa.

Lakatos sostiene que los científicos se guían en su trabajo por medio de una *heurística*: cuando un científico registra un dato que sirve para corroborar alguna hipótesis de su programa de investigación (o al menos de su núcleo central) trata de extender la descripción de las teorías a nuevos campos y de realizar nuevos experimentos incorporando esos datos. Como se advierte, procura seguir adelante con nuevas aplicaciones del programa en otras áreas. Esta forma de actuar se denomina "*heurística positiva*".

No obstante, los investigadores se encuentran a veces con resultados que parecen contradecir alguna hipótesis del núcleo central. En este caso se modificarán las hipótesis o se agregarán nuevas hipótesis (*ad hoc*) al cinturón protector con la intención de salvar de una refutación al núcleo central. A este modo de proceder, que busca salvar al núcleo central de una refutación para seguir trabajando en el programa, se lo llama "*heurística negativa*".

A partir de estos procedimientos pueden darse dos posibilidades: que los investigadores logren avanzar en el programa, con lo que se justifica la protección de aquel núcleo, o bien, aunque el núcleo haya quedado a salvo de una falsación, que los investigadores no puedan avanzar en nuevas áreas con los cambios en el cinturón protector.

Si un programa, mediante la aplicación de su heurística positiva, avanza en la aplicación de los conocimientos y a su vez descubre nuevos fenómenos, es considerado *progresivo*; si, en cambio, el programa repetidamente debe poner en marcha una heurística negativa que permite avanzar, diremos que es *degenerativo*.

Lakatos sostiene que si un programa se torna degenerativo los científicos lo abandonarán y pasarán a suscribir otro diferente. Sin embargo, no parece tan fácil decidir en un momento dado si un programa será realmente degenerativo o progresivo, ya que podría ocurrir que un mismo programa tuviera épocas de avance seguidas de épocas de estancamiento.

○

30. ¿En qué coincide Lakatos con Popper y en qué reside su aporte original?

31. Traten de enumerar, a partir del autor,

por lo menos tres características que tendría que reunir un buen programa de investigación.



4. Las revoluciones científicas

Al hablar en esta unidad de las características del conocimiento científico se había hecho referencia a la evolución de la ciencia, en particular de la ciencia fáctica, señalando –en forma muy esquemática– que esta es lineal, ya que una teoría científica tiende a sustituir a otra anterior.

Ahora se verá, profundizando este análisis, que esa evolución es más compleja. Para hacerlo se seguirá la propuesta de T. Kuhn, epistemólogo e historiador de la ciencia, norteamericano y contemporáneo, cuya obra, *The Structure of Scientific Revolutions*, tuvo una considerable repercusión.

Según este autor, antes de la formación de una ciencia se da una primera etapa de actividad desorganizada que él denomina *preciencia* y durante la cual diversas escuelas realizan estudios o investigaciones, reuniendo datos sobre hechos, a menudo de manera fortuita. El ingreso en la *ciencia normal*, que es la segunda etapa, se produce cuando una de las teorías propuestas por esas escuelas triunfa sobre sus competidoras. Su triunfo solamente significa que la teoría resuelve mejor ciertos problemas considerados importantes en ese momento. Cuando se produce esta síntesis las escuelas van desapareciendo y la mayoría de los científicos adhiere a este modelo, el que constituye un *paradigma* (ejemplos de paradigmas son la mecánica newtoniana y la óptica ondulatoria). Los científicos que no adhieren a ese modelo quedan excluidos y la comunidad científica, al adquirir homogeneidad, se constituye como tal. En este período, todos aquellos que desean iniciarse en esa disciplina científica recibirán una formación profesional en la cual incorporarán el marco conceptual proveniente del paradigma. Aclaremos que este constituirá el trasfondo de todas las investigaciones científicas realizadas durante esta etapa, determinando en todos los casos los alcances y los límites de las mismas. Sin embargo, el paradigma no resuelve todos los problemas ni explica todos los hechos. Así, en el desarrollo de su tarea, los científicos van descubriendo anomalías, es decir, fenómenos que “violatan las expectativas del paradigma”. Esto primero los hace sentir inseguros y luego los lleva a intentar nuevos caminos que logren explicar, además de los fenómenos ya conocidos, esos fenómenos que aparecen como problemáticos.

Se produce entonces un tercer momento, que es un estado de crisis en el que no se ha abandonado todavía el paradigma pero en el que sus dificultades son cada vez mayores. La *crisis* se resuelve cuando aparece otro paradigma que concita la adhesión de un número creciente de científicos; aquí se habrá producido una *revolución científica*.

Se inicia ahora una nueva etapa de *ciencia normal* guiada por el nuevo paradigma, que implicará, respecto de la anterior etapa de ciencia normal, un cambio radical en la concepción del mundo, en la consideración de los objetos, en el planteo de problemas, en el análisis de los datos, etc. Naturalmente, este paradigma encontrará con el tiempo dificultades, al descubrirse otras “anomalías”, y se producirá una nueva crisis y una nueva revolución científica.

Pese a que con todos los paradigmas ocurre lo mismo, según Kuhn, estos no son conmensurables, lo que significa que las teorías que surgen dentro de un paradigma no pueden traducirse en términos de las que pertenecen a otro.



32. Busquen un ejemplo personal de paradigma dentro de la historia de cualquier ciencia, ubíquelo en el tiempo y justifiquen que, efectivamente, es un paradigma.

33. ¿Qué papel desempeñan a juicio de ustedes, por un lado, las etapas de ciencia normal y, por el otro, las revoluciones científicas?

34. ¿Cómo se produce la evolución en la ciencia según... ?

1. un inductivista
2. un falsacionista
3. un partidario de la posición de Lakatos
4. un partidario de la posición de Kuhn



D. Ciencia, técnica y tecnología

Hemos estudiado ya las características de las Ciencias Fáticas y su metodología, así como también las de las Ciencias Formales y los vínculos entre ambas, a través de su aplicación en posibles modelos interpretativos.

Sin embargo, no podemos en la actualidad dejar de considerar, al menos brevemente, el tema de la **técnica** y de la **tecnología**, hoy indisolublemente ligadas a la **ciencia**.

Habitualmente se llama **técnica** al procedimiento que tiene por fin lograr cierta modificación en el entorno. Así, puedo pensar en lo eficaz que es la técnica que usa mi jardinero para realizar la resiembra de semillas en otoño con el fin de mantener el césped siempre verde. Coloca las semillas, las cubre con tierra mezclada con arena, ubica por acá y por allá palitos con algún papel metálico que ahuyente a los pájaros, etc.

Las técnicas existen desde el descubrimiento de las primeras herramientas e implican siempre un propósito por parte de quien las crea o utiliza, uno o varios instrumentos o materiales y un conjunto de reglas.



35. Si diferenciamos el conocimiento científico del vulgar (el que se adquiere en forma espontánea y asistemática en el transcurso de la vida cotidiana), ¿en qué tipo de conocimiento consideran que se basa el descubrimiento de las diversas técnicas?

36. Consideren dos ejemplos de técnicas y piensen para las mismas:

a. cuál fue el propósito con el que se desarrollaron.

b. cuáles son los materiales y/o los instrumentos empleados.

c. cuáles son las reglas a seguir para su implementación.



Sin embargo, a partir de la Revolución Industrial, que se inicia a mediados del s. XVIII, la necesidad de estas técnicas comenzó a ser mayor. Durante los inicios de la mencionada revolución, la aplicación de los conocimientos relacionados con las fuerzas mecánicas para la construcción de las primeras maquinarias no requirió de expertos científicos. Empero, el desarrollo de estos primeros avances determinó que, a partir del s. XIX, se hicieran necesarios conocimientos teóricos más profundos. Los científicos, entonces, comenzaron a tener un protagonismo fundamental, por ejemplo, en el desarrollo de estrategias para obtener energía hidroeléctrica y en la resolución de problemas relacionados con la resistencia de los materiales. Esto derivó en una serie de importantes cambios que produjeron, con los años, un profundo reordenamiento económico, político, social y científico:

- En el nivel social, una nueva burguesía se transformó en la clase dirigente.
- En el nivel mundial, se definió un nuevo ordenamiento con países centrales, que contaban con el capital para el desarrollo de esas nuevas industrias, y países subordinados o periféricos, que siguieron utilizando el trabajo humano con baja tecnificación, dependiendo de los países centrales.
- En el nivel científico, se comenzó a hablar no ya de simples técnicas sino de **tecnología**.

Cuando un científico se halla abocado a la pura investigación teórica, con el simple interés en realizar un aporte al conjunto de conocimientos en el área, se habla de **ciencia pura, teórica o básica**. Sin embargo, cuando el científico se encuentra dedicado al descubrimiento de una nueva droga contra una enfermedad o a las cualidades de ciertos materiales para la construcción de grúas, por ejemplo, está aplicando los conocimientos teóricos para generar cambios en la realidad. Hablamos aquí de **ciencia aplicada**. Si realiza, efectivamente, algún descubrimiento, determinará que un tecnólogo desarrolle estrategias para la fabricación de la droga o de la grúa. Nótese que hablamos ahora de tecnólogo (o tecnología) y no de técnico. La diferencia entre uno y otro radica, precisamente, en los conocimientos teóricos que hacen de sustento para el desarrollo de dicha estrategia, cuyo fin es *“controlar y alterar activamente objetos del ambiente físico en interés de algún deseo o necesidad humana”*.²⁴

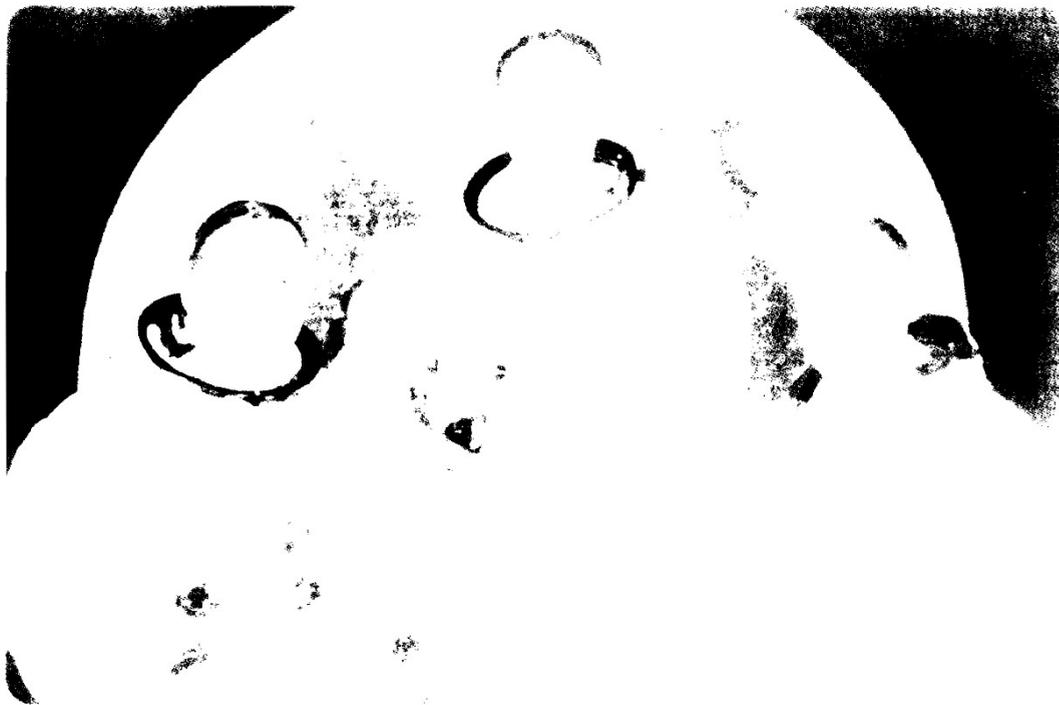
La relación actual entre ciencia y tecnología es de mutua dependencia, pues, si bien el tecnólogo aplica conocimientos teóricos, no es menos cierto que la ciencia hoy en día se basa, a su vez, en la tecnología para sus investigaciones. Esta interdependencia, que, podría decirse, comenzó a darse con Galileo y el telescopio, fue en aumento desde entonces.

A partir de la Primera Guerra Mundial, el optimismo imperante en los dos siglos anteriores respecto de la ciencia, que se había constituido en la herramienta principal o, para algunos, única (como consideraban los positivistas) para alcanzar el verdadero conocimiento, empezó a decaer. Se comenzó a advertir que el avance científico no solo aseguraba mayor bienestar sino que también podía dar lugar al desarrollo de armas cada vez más destructivas. Esta dualidad de la ciencia siguió creciendo para llegar al ejemplo paradigmático en este tema, que son las armas nucleares. En las décadas finales del s. XX comenzaron a advertirse desórdenes ecológicos producidos por los últimos avances, así como a desarrollarse técnicas cuestionables desde el punto de vista ético, tales como la clonación. La Biología provee de los conocimientos teóricos para fabricar drogas que curan enfermedades, pero también para producir el virus del ántrax con fines bélicos (volveremos a este tema en la Unidad 5 al hablar de ética aplicada).

Sin embargo, ¿son estos cuestionamientos aplicables a la ciencia pura o lo son más bien a la tecnología? ¿Es, en sí, nocivo el estudio del genoma humano o pueden llegar a ser cuestionables las aplicaciones tecnológicas de dicho estudio? ¿Puede cuestionarse desde el punto de vista ético al conocimiento en sí mismo?

24 H. CIAPUSCIO, op. cit., pág. 10.

¿Hay algún conocimiento que no deberíamos adquirir, por el bien de la humanidad? ¿Es posible la implementación de tribunales éticos que determinen qué aplicaciones deben realizarse y cuáles deben prohibirse o es esto utópico? Dejamos estos interrogantes para posibles debates en sus clases de Filosofía.

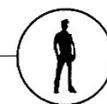


La ciencia y su aplicación directa en la tecnología han permitido al hombre hazañas increíbles, como llegar a la Luna o poner satélites artificiales en órbita.

○

37. Averigüen en Internet, o con ayuda de sus profesores de Ciencias Naturales, casos de descubrimientos científicos que hayan dado lugar a aplicaciones positivas y negativas.

Mencionen cuál fue el descubrimiento y describan luego una aplicación positiva y una negativa del mismo.



E. Conclusión

Si nos preguntáramos ahora por qué son –o pretenden ser– confiables los conocimientos científicos, podríamos dar las siguientes razones:

1. Por el rigor con el que se los pone a prueba, que, sin conferirles el carácter de absolutos, permite considerarlos como los mejores disponibles en la época en que se vive.
2. Por su organización interna, que nos garantiza un alto nivel de coherencia.

Pero al mismo tiempo podríamos señalar:

- a. que algunas aplicaciones de ese conocimiento pueden generar dudas respecto de si son éticamente aceptables o no.
- b. que el conocimiento científico, como cualquier otra producción social, surge en un contexto histórico-social determinado, lo que torna cada vez más difícil considerarlo “neutral”.



6. Les proponemos que, ahora reunidos en grupos, retomen el ejercicio 2 de las actividades individuales de esta unidad y, sobre la base de lo que aprendieron a lo largo de la misma y del intercambio de ideas dentro del grupo, completen el balance crítico realizado al inicio.



Bibliografía

- BARKER, S. F. *El problema de la inducción*. Buenos Aires, Cuadernos de epistemología N° 13, Biblioteca Filosofía y Letras, UBA, 1960.
- BEVERIDGE, W. "La hipótesis". Cuadernos de epistemología N° 40, Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras, UBA, 1962.
- BUNGE, M. *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires, Siglo XX, 1960.
- BUNGE, M. *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Barcelona, Ariel, 1969.
- BURTON, W., KIMBALL, R. y WING, R. *Hacia un pensamiento eficaz*. Buenos Aires, Troquel, 1965.
- CHALMERS, A. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid, Siglo XXI, 1987.
- CIAPUSCIO, H. *El fuego de Prometeo*. Buenos Aires, UBA XXI, Eudeba, 2002.
- COHEN, M. *Razón y naturaleza*. Buenos Aires, Paidós, 1956.
- HEMPEL, C. *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid, Alianza, 1976.
- HEMPEL, C. *La explicación científica*. Barcelona, Paidós, 1988.
- KLIMOVSKY, G. *Las desventuras del conocimiento científico*. Buenos Aires, A-Z, 1995.
- MIGUEL, H. y BARINGOLTZ, E. *Problemas epistemológicos y metodológicos*. Buenos Aires, C.B.C. ed., 1996.
- Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. *Pensamiento científico*. Programa de perfeccionamiento docente. Buenos Aires, Pro Ciencia Conicet, 1996.
- OBIOLS, G. *Nuevo curso de Lógica y Filosofía*. Buenos Aires, Kapelusz, 1993.
- PALAU, G. y COMESAÑA, M. *Introducción al pensamiento científico*. Buenos Aires, Eudeba, 1994.
- UMEREZ, N., DE BELLA, M. et alii. *Introducción al pensamiento científico*. Módulo 5. Buenos Aires, Eudeba, 1991.