

Este tema ha sido elaborado a partir de la consulta de muy diferentes libros y fuentes.

LAS CIENCIAS NATURALES

“La ciencia es una forma de describir la realidad; por lo tanto, está circunscrita a los límites de la observación, y no afirma nada que esté más allá de la observación.”
Jacob Bronowski (1908-74)

“La ciencia es más bien una forma de pensar que un cuerpo de conocimientos.”
Carl Sagan (1934-96)

“Es un hecho que la historia de la ciencia es, sobre todo, una historia de progreso”.
Karl Popper (1902-94)

“La arrogancia de los científicos no es tan peligrosa como la arrogancia que viene de la ignorancia”.
Lewis Wolpert (1956-)

“Todo lo que has aprendido como obvio, deviene menos y menos obvio a medida que empiezas a estudiar el universo”.
Buckminster Fuller (1895-1983)

“La ciencia no nos dice cómo vivir”.
León Tolstoy (1828-1910)

“La ciencia está hecha de hechos, como una casa lo está de piedras; pero una acumulación de hechos no es una ciencia más que un montón de piedras no es una casa”.
Henri Poincaré (1854-1912)

“La ciencia es la larga historia de aprender a cómo no engañarnos a nosotros mismos”.
Richard Feynman (1918-88)

“No confíes en los resultados de un experimento hasta que sean confirmados por la teoría”.
Sir Arthur Eddington (1882-1944)

“Una nueva verdad científica no triunfa por convencimiento de sus oponentes haciéndoles ver la luz, sino que más bien sus oponentes van muriendo, y crece una nueva generación familiarizada con ella”.

Max Planck (1858-1947)

“La ciencia es la única y genuina revolución permanente de los asuntos humanos, ya que se dedica a retar los descubrimientos de sus antepasados”.

Daniel Bell (1919-2011)

“Si no puedes medir, tu conocimiento es débil e insatisfactorio”.

Lord Kelvin (1824-1907)

“Toda respuesta dada según principios experimentales genera siempre una nueva pregunta, que exige a su vez una nueva respuesta”.

Immanuel Kant (1724-1804)

Introducción



Nicolaes Tulp (Rembrandt, 1632)

La lección de anatomía del Dr.

La historia de las ciencias naturales es una historia de logros espectaculares. La revolución científica del siglo XVII, que está asociada a los nombres de grandes científicos como **Galileo Galilei** (1564-1642), **Isaac Newton** (1642-1727) y **Robert Boyle** (1627-91) inició un período de enormes progresos que no da señales de haber acabado. En poco más de tres siglos, hemos descubierto las leyes fundamentales de la física, los 92 elementos de la tabla periódica, y algunos secretos de la vida escritos en el ADN. La ciencia no sólo nos ha permitido fraccionar el átomo, clonar una oveja, o

poner al hombre en la Luna, sino que también nos ha aportado todo tipo de herramientas prácticas como los coches, teléfonos u ordenadores.

No es extraño que el extraordinario éxito de las ciencias naturales, haya llevado a algunos a verlas como el *paradigma cognitivo dominante* o modelo ejemplar del conocimiento. **De vez en cuando, ha habido intentos de basar más científicamente otras áreas de conocimiento, imitando el rigor y la certeza de áreas como la física. Incluso algunos han argumentado que la ciencia es el único camino para el conocimiento,** y que si no puedes probar algo científicamente, entonces no sabes realmente nada en absoluto.

A pesar del éxito de las ciencias naturales, deberíamos ser cautos sobre algunas de las cosas más extravagantes que se afirman en su nombre. La ciencia –como otras áreas de conocimiento- tiene sus debilidades y limitaciones. A menudo se dice que *se ha probado algo*, como si los descubrimientos científicos tuvieran la certeza de una deducción matemática. Pero, ya que la ciencia tiene historia, y las creencias científicas cambian con el tiempo, podríamos preguntarnos hasta dónde llega la certeza científica. Tenemos también que tener en cuenta que las ciencias naturales no tienen el monopolio de la verdad y que puede haber otras formas válidas de dar sentido al mundo.

Actividad 3.1.

Busca ejemplos de cosas que creían los científicos en el siglo XIX pero que ahora se sabe que son falsas.

Últimamente, algunos críticos de la ciencia han dirigido la atención a los peligros de la ciencia, y ha habido como un contragolpe contra la ciencia. Hay quien dice que la ciencia está fuera de control, y que los científicos “*están jugando a ser dioses*” interviniendo en cosas que no entienden del todo. Las predicciones alarmistas sobre el poder nuclear, o las consecuencias de la clonación, pueden hacer que nos preguntemos si los beneficios de la ciencia a largo plazo superan los riesgos.

Actividad 3.2.

- a. **¿Qué connotaciones tiene la palabra “ciencia” para ti? ¿Positivas? ¿Negativas? ¿Ambas?**
- b. **¿Cómo refleja a los científicos la cultura popular en películas y novelas? ¿Como héroes o como villanos?**



1. Ciencia y pseudociencia

Se considera ciencias naturales a materias como la física, la biología o la química. Puesto que la palabra “ciencia” es como una etiqueta de aprobación o garantía de calidad, los publicistas apelan al status de la ciencia para vender sus productos, y los charlatanes califican remedios dudosos como “científicos” para engañar a los ingenuos o desesperados.

Actividad 3.3.

Busca algún anuncio que use el lenguaje de la ciencia para vender un producto.

De entre la larga lista de cosas que han sido consideradas como científicas por sus defensores, destacamos algunas:

- La acupuntura
- La astrología
- El creacionismo
- La cristalología
- El feng shui
- La grafología
- La homeopatía
- La frenología
- La terapia de las flores

Tal vez no deberíamos rechazar algunas de estas creencias sin profundizar, antes de decidir si hay algo de verdad en ellas. Podría alegarse que si ayudan a la gente, y alivian el dolor, sería absurdo rechazarlas, sean científicas o no. Si a millones de personas les alivia la acupuntura, ¿por qué no usarla como una herramienta más, aunque no entendamos cómo funciona? Sin embargo, *si* realmente funciona, habrá que descubrir

por qué lo hace, y esto conduce inevitablemente a formular hipótesis y a hacer experimentos. No hay otra forma de proceder si queremos comprobarlo.

Mientras que algunas personas están dispuestas a testar científicamente sus creencias, otras no. Simplemente *afirman* que sus creencias son científicas. Pero eso no quiere decir que lo sean. Por ejemplo, un racista podría decir que sus teorías se basan en la investigación biológica. **Lo que necesitamos entonces es un buen criterio para distinguir la ciencia de la pseudociencia.**



Que algo no sea una ciencia, no quiere decir que sea una pseudociencia. La crítica literaria no es una ciencia, pero como no pretende serlo, tampoco es una pseudociencia, y tiene validez para intentar analizar el sentido de un texto. **Lo que caracteriza a la pseudociencia es que reclama el status de ciencia sin fundamento alguno.**

Consideremos, por ejemplo, el caso de la cristalología, un conjunto de creencias sobre los poderes mágicos de las piedras que todavía no ha sido probado científicamente. Sus defensores afirman que el cuarzo genera "un campo cristalino de energía positiva". Algo a lo que denominan "escudo bioeléctrico", que consideran comprobado y basado en los descubrimientos de los premios Nobel de física. Entre los beneficios del escudo se dice que "refuerza tu sistema inmunológico, y reduce el stress, al tiempo que potencia tu equilibrio emocional y mental". Se puede adquirir el escudo por entre 110 y 900 euros. Un "master de cristalología" anuncia una sesión curativa que "limpiará y equilibrará tu aura", y cualquier debilidad del cuerpo será reconducida por el "uso intuitivo de los cristales". Una sesión de media hora cuesta 40 euros. Quizás haya algo real en todo esto, pero conviene que analices estas afirmaciones antes de gastarte el dinero.

Actividad 3.4.

- ¿Cuál es la diferencia entre astronomía y astrología? ¿Por qué se considera una ciencia a la primera y no a la segunda? ¿Estás de acuerdo con esta clasificación?
- Analiza y comenta la siguiente predicción astrológica:

"Período de gran inquietud y actividad en los campos social y laboral. Actúe reflexivamente evitando tomar iniciativas inducido por la ansiedad y el miedo. Podría surgir algún imprevisto molesto. Aunque se desanime,

superará la situación''.

- c. ¿Qué harías como científico, para intentar demostrar las afirmaciones de la astrología?
- d. Intenta explicar el efecto placebo. ¿Qué relevancia tiene para evaluar las afirmaciones de la medicina alternativa?

La diferencia entre ciencia y pseudociencia

La principal diferencia entre la ciencia y la pseudociencia es que **las hipótesis científicas son contrastables o falsables, mientras que las pseudocientíficas no**. Hay dos formas de evitar que las hipótesis pseudocientíficas sean contrastables:

- **Vaguedad.** Si una proposición es suficientemente vaga, es imposible verificarla o falsarla. Una afirmación como *“una piedra de cuarzo puede devolver la energía y el equilibrio a tu vida”*, tal y como está, no tiene un sentido claro. Para que fuera una proposición verdaderamente científica, deberíamos saber lo que significan palabras como *“balance”* y *“energía”*. También debería aclarar cuánto tardarán los efectos en producirse. Acabamos de ver un ejemplo **falacia de predicción vaga** en el caso de la astrología.
- **Excepciones ad hoc.** Una afirmación puede ser blindada a base de excepciones ad hoc. Por ejemplo, si alguien afirma que *“todos los cisnes son blancos”* y le enseñamos uno negro, puede que mantenga su proposición diciendo *“todos los cisnes son blancos excepto esta mutación”*. Una hipótesis científica es general, y no acepta excepciones cada vez que aparece un contraejemplo. Si existen contraejemplos, habrá que rechazar la hipótesis. La vanidad de no reconocer un error, produce el empecinamiento de aferrarse a una hipótesis mediante excepciones ad hoc.

Actividad 3.5.

¿Cuáles de estas afirmaciones son científicamente falsables?

- a. **Puede que ganes la lotería en 2016.**
- b. **Siempre llueve los martes.**
- c. **Todos hemos vivido vidas anteriormente, pero la mayor parte de nosotros está demasiado deslumbrado como para recordarlas.**
- d. **Los hombres de verdad no lloran.**
- e. **Todo el mundo es egoísta.**
- f. **Los ácidos tiñen de rojo el papel tornasol.**
- g. **Algo sorprendente te pasará la semana que viene.**

2. El método científico



Una buena forma de distinguir la ciencia de la pseudociencia es el método científico. Desde este punto de vista, la ciencia no es tanto un cuerpo de conocimientos como una forma de pensar sobre el mundo.

Actividad. 3.6.

1. Cada uno de los elementos de esta lista tiene que ver con el método científico. Intenta ordenarlos cronológicamente y describe brevemente cómo trabaja un científico típico.
 - a. Experimento
 - b. Hipótesis
 - c. Tomar medidas
 - d. Repetición
 - e. Inducción
 - f. Ley
 - g. Observación
 - h. Teoría
2. ¿En qué se parece cada uno de estos actos y en qué se distinguen de la ciencia?
 - a. Hacer un pastel siguiendo una receta.
 - b. Experimentar con ingredientes para hacer tu propia receta.
 - c. Coleccionar y ordenar sellos del mundo.
 - d. Reparar un coche averiado.
 - e. Calentar un volumen fijo de gas y ver qué pasa con la presión.
 - f. Especular sobre los orígenes del universo.

- g. **Estudiar anatomía humana antes de hacer una escultura.**
- h. **Investigar como un detective para aclarar un asesinato.**
- i. **Inventar la bombilla.**
- j. **Predecir la lluvia porque hay nubarrones.**
- k. **Completar un crucigrama.**
- l. **Percatarse de que sueles necesitar algo cuando lo has tirado.**

2.1. El inductivismo

Según la concepción tradicional del método científico –conocida como inductivismo– la ciencia consiste en cinco pasos:

- Observación
- Hipótesis
- Experimento
- Ley
- Teoría

Se empieza **observando y clasificando hechos relevantes en distintas ocasiones**. Se desechan las diferencias y **se seleccionan los elementos comunes** que se repiten en cada caso. Eso permite hacer **una generalización sobre las regularidades** que se han constatado, lo que puede llevar a descubrir **una ley** (una constante que siempre se repite). Esto, finalmente, permite hacer **predicciones**, cosa que se comprobará mediante experimentos, en los que el científico controla las variables y la situación. Un buen experimento tiene los siguientes rasgos:

- **Controlabilidad.** Solo se varía un factor cada vez para determinar su efecto. Por ejemplo, podrías variar la temperatura de un gas mientras se mantiene la temperatura constante. Esto te permite aislar la causa del fenómeno que estás investigando.
- **Mesurabilidad.** Hay que poder tomar medidas. Esto añade precisión y objetividad al experimento.
- **Repetibilidad.** Un experimento debe ser repetido por otras personas para confirmar los resultados. Esto asegura que los resultados tienen algún tipo de objetividad.

Si los resultados experimentales confirman la hipótesis, puede que hayas descubierto *una ley científica*. Si la refutan, habrá que empezar otra vez.

Finalmente, el último paso consiste en desarrollar una teoría que explique y unifique varias leyes a partir de ciertos principios subyacentes. Una buena teoría explica por qué las leyes son como son y nos da una base para seguir investigando. El papel de la teoría es satisfacer la necesidad que tenemos no solamente de descubrir constantes en forma de leyes, sino comprender por qué la naturaleza es como es. Dice Jabob, que nuestro cerebro tiene “*exigencias que satisfacer*”. Es un paso intelectual muy ambicioso, pues aspira a una comprensión final de las causas últimas de los fenómenos. En su invención, influyen **diversas formas de conocimiento**. La razón y la imaginación tienen un papel importante, si bien sus *invenciones* se enfrentarán siempre al juicio inapelable de los hechos, pues en definitiva, *intentan explicar aquello que se ve, mediante lo que no se ve*.

Un ejemplo: la revolución copernicana

Fíjate en cómo han cambiado las cosas sobre la posición de la Tierra en el universo. Como no parece que se mueva, es lógico pensar que está quieta. Así que no es raro que el astrónomo griego Ptolomeo (85-165) desarrollara un modelo del universo en el que la Tierra está en el centro y el Sol y los planetas a su alrededor. El modelo ptolemaico no sólo era de sentido común, sino que también permitía hacer predicciones sobre la posición de los planetas. Los pasos que llevaron a su crisis y sustitución se pueden resumir así:

- **Observación.** A medida que pasaban los siglos y se hacían nuevas observaciones, hubo que complicar el modelo de Ptolomeo para ajustarlas a la teoría, así que en el siglo XVI se había complicado monstruosamente.
- **Hipótesis.** Eso llevó a Copérnico (1473-1543) a sugerir un modelo más simple y elegante, que ponía al Sol en el centro del sistema solar y los planetas a su alrededor.
- **Predicción.** En el modelo ptolemaico, Venus orbita la Tierra y por tanto siempre tiene el mismo tamaño; pero Copérnico dijo que si orbitaba al Sol, su tamaño aparente variaría a medida que cambiaba la distancia de la Tierra. Para el ojo humano, Venus parece de un tamaño constante, como decía Ptolomeo. Sin embargo, cuando Galileo (1564-1642) lo observó a través del telescopio (1609), descubrió que sí cambiaba su tamaño, como predijo Copérnico.
- **Ley.** Sobre la base de las nuevas observaciones y descubrimientos, Johannes Kepler (1571-1630) propuso las nuevas leyes del movimiento planetario.
- **Teoría.** Al final, Isaac Newton (1642-1727) propuso la teoría de la gravedad, que afirma que hay una fuerza de atracción entre objetos cuya fuerza es directamente proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos. Esto es parte de una teoría general que permitía a

Newton explicar una gran variedad de fenómenos como una manzana que cae de un árbol, por qué pesamos, las mareas y las órbitas de los planetas. La física newtoniana permitió a los astrónomos hacer predicciones precisas que permitieron descubrir nuevos planetas como Urano en 1781, y Neptuno en 1846.

- La tecnología amplía las observaciones y datos, de forma que se propongan ideas nuevas. Galileo inventó el telescopio y vio las lunas de Júpiter.
- La imaginación tiene un papel importante en el desarrollo de ideas nuevas. Copérnico veía lo mismo que los demás en el cielo, pero interpretó de forma diferente. Ya Aristarco de Samos -astrónomo griego en el siglo III a.J.C.- había dicho que el Sol estaba en el centro, pero no le hicieron caso.
- Las matemáticas juegan un papel central en la historia de las ideas científicas. Además de explicar los hechos, las leyes de Newton eran precisas matemáticamente.
- Muchos descubrimientos científicos son contraintuitivos y no casan con el sentido común. Ahora nos parece obvio que la Tierra se mueve alrededor del Sol, pero si lo piensas, es difícil de creer que gira sobre sí misma a 1500 km. por hora y a 100.000 km. por hora alrededor del Sol.

2.1.1 Los problemas del inductivismo: la observación y la lógica

Se nos dice que la ciencia -y especialmente la inducción- se basa en la observación de los hechos. Sin embargo, la concepción de la ciencia basada en el método inductivo conduce a una concepción de la ciencia considerada como *inductivismo ingenuo*, pues ignora dos serios problemas que no logra resolver. Como es habitual, las cosas no son tan sencillas ni tan directas como parecen.

Actividad 3.7

¿Qué consecuencias extraes de esta historia?

En 1856, apareció en el Valle de Neanderthal -Alemania- un extraño cráneo. Virchow, famoso antropólogo de la época, consideró que no tenía ningún interés, por tratarse de los restos de un oligofrénico que había muerto en extrañas circunstancias. El asunto no tuvo repercusión. Cuarenta años después, aparecieron más restos de las mismas características en Trinil (Rusia) y el descubrimiento provocó las más vivas polémicas: ¡habían encontrado el eslabón perdido de la evolución! En 1859 Darwin había publicado *El origen de las especies*, lo que daba a los hechos un significado totalmente nuevo.

Las expectativas

Como acabamos de ver, **el marco teórico** influye en las observaciones empíricas, que no son tan simples, directas ni puras como creemos ingenuamente. Pero otro problema es que **las expectativas** influyen en lo que vemos. Cuando se descubrió que Mercurio se desviaba de la órbita predicha por las leyes de Newton, algunos astrónomos del siglo XIX dijeron que la anomalía tenía que ser causada por un planeta desconocido al que llamaron Vulcano. Tanto confiaban en sus inferencias, que algunos de ellos llegaron incluso a verlo. Pero resulta que Vulcano no existe. La verdadera causa del desvío de Mercurio no sería explicado hasta la llegada de Einstein, al demostrar que la masa del Sol altera el espacio y el tiempo.

Los efectos del observador

Un problema más es que *el acto de la observación puede afectar a veces a lo que observamos*. Por ejemplo, si quieres saber la temperatura de una taza de café, pones un termómetro en el café. Pues bien, el mero hecho de introducir el termómetro en el café cambia su temperatura, con lo que en realidad has alterado la temperatura del café, y has medido la temperatura del café con el termómetro dentro. En muchos casos, la diferencia no tiene importancia. Sin embargo, el efecto del observador tiene importancia en la física cuántica: el dispositivo del científico que quiere estudiar un átomo influye en su comportamiento (**principio de indeterminación de Heisenberg**). También lo tendría si grabaras con una cámara la conducta de una persona o grupo.

Aunque en este punto nos hayamos fijado en las debilidades de la observación, hay que señalar también que la ciencia tiene fuerza y capacidad de autocorrección: tarde o temprano los errores individuales son corregidos.

Actividad 3.8

“Un niño y un astrónomo experto verán literalmente dos cielos distintos cuando miran a simple vista al cielo”. ¿Cómo entiendes esta frase?

Comprobar las hipótesis

Comprobar una hipótesis es menos sencillo de lo que nos dice la versión oficial de la ciencia. Los motivos son: la confirmación de la preferencia, presupuestos implícitos, y

el hecho de que muy diferentes hipótesis pueden explicar consistentemente un grupo de hechos.

La confirmación de la preferencia

Es un hecho que **la gente tiende a fijarse en las evidencias que confirman sus creencias y soslaya las que van en su contra**. Si, por ejemplo, crees que los virgos son especialmente tímidos, destacarás cada caso que confirme tu hipótesis. Pero fijarse solamente en los casos que confirmen la hipótesis, no muestra que sea cierta.

Para poner a prueba mi hipótesis debería comprobar si hay virgos que no son tímidos y personas de otro signo que lo son. Si reúnes datos en este sentido, puede ocurrir que, a pesar de tu creencia inicial, no haya relación entre el signo de una persona y su timidez.

Un buen científico debe ser consciente del peligro de la confirmación de la preferencia. En uno de sus cuadernos, Darwin afirmó que *“he seguido una regla de oro, a saber, que siempre que tuviera un nuevo dato o se me ocurriera una idea que se opusiera a mis resultados habituales, tomar nota del mismo de inmediato; pues por experiencia sabía que este tipo de cosas se nos escapan fácilmente de la memoria en comparación con los otros”*. Esto prueba la integridad intelectual de Darwin.

El problema lógico de la inducción

Un problema que afecta a la visión de la ciencia de los inductivistas tiene que ver con lo más básico de la inducción. El razonamiento inductivo pasa de lo particular a lo general, y juega un papel central en las creencias de los científicos. Tomemos, por ejemplo, nuestra creencia de que “todos los metales se dilatan cuando se calientan”. ¿Cómo hemos llegado a tenerla? No mediante la razón, ni la intuición, ni la revelación divina, ni la imaginación, sino por la observación. Hasta donde sabemos, cada vez que se ha calentado un metal, se expande, y no hay casos de metales que no lo hagan. Así que es razonable concluir que esto es una ley de la naturaleza. ¿Qué problema hay?

El problema es que cuando razonamos inductivamente, pasamos de lo observado a lo no observado. Por ejemplo, cuando decimos que “todos los metales se dilatan al calentarse”, hacemos una generalización que se refiere a cosas observadas pero también a las que todavía no lo han sido.

A un nivel práctico, el problema de la inducción causa la pregunta sobre cuántas observaciones deberíamos hacer para poder hacer una generalización. Tenemos una tendencia a extraer conclusiones sobre evidencias endebles, y no hay una norma sobre cuántas observaciones deberíamos hacer para poder hacer una generalización. Sólo podemos decir que cuantas más observaciones hagamos, más base tendrá tu hipótesis y más seguro te sentirás sobre ellas.

El problema es que incluso generalizaciones confirmadas pueden fallar. Hasta entrado el siglo XVIII, los europeos creían que todos los cisnes son blancos. Pero se descubrió que había cisnes negros en Australia. Durante más de dos siglos y medio, experimento tras experimento se confirmaban las leyes de Newton. Sin embargo, Einstein demostró que en un sentido no son la mejor forma de describir la realidad. Esto demuestra que incluso hipótesis bien confirmadas pueden resultar equivocadas.

Cuando pensamos en ello, nuestra confianza en el conocimiento científico es bastante arriesgada. Sobre la base de que algunas observaciones que hemos hecho en el planeta Tierra, afirmamos que hemos descubierto las leyes de la física aplicables a todos los tiempos y todos los sitios, a hace millones de años y dentro de millones de años. Sin embargo, sólo hemos observado una pequeña fracción del universo y por muy poco tiempo.

Así las cosas, podemos plantear que los científicos deberían tener más humildad y hacer afirmaciones menos ambiciosas. Por ejemplo, en lugar de decir “todos los metales se expanden al calentarse”, quizás podrían limitarse a afirmaciones más modestas como “todos los metales *observados* se expanden cuando se calientan”. Esto sería un ejemplo de humildad, pero el hecho es que en el fondo, los físicos creen que realmente están descubriendo las leyes fundamentales del universo.

El problema de la inducción produce un dilema. Se supone que la ciencia es empírica y no hace afirmaciones sobre lo que no ha sido observado. Y eso distingue la ciencia de la pseudociencia. Pues bien, si nos tomamos en serio el empirismo de la ciencia, tendremos que rechazar las afirmaciones que van más allá de lo observado. Esto tendría un alto precio: tendríamos que abandonar la intención de descubrir las leyes de la naturaleza aplicables a todas partes y tiempos. Por otra parte, si defendemos el derecho de los científicos al pasar de lo particular a lo general, tendríamos que abandonar la creencia de que la ciencia es estrictamente empírica. Y este es también un alto precio que pagar. Otra posibilidad es no preocuparse por el asunto -como hacen algunos científicos- que dicen que la ciencia avanza *a pesar de los filósofos de la ciencia*.

Actividad 3.9

1. Explica el problema de la inducción con tus propias palabras.
2. Bertrand Russell tuvo la ocurrencia de explicar el problema de la inducción mediante la historia del pavo inductivista. ¿La conoces?

2.2 El falsacionismo o método hipotético-deductivo

Un filósofo que se tomó en serio el problema de la inducción e intentó resolver el dilema fue **Karl Popper** (1902-94). El interés de Popper por el problema aumentó a raíz de distinguir la verdadera ciencia de la pseudociencia, como el marxismo y el psicoanálisis.

En su juventud, a Popper le impresionó la habilidad de las teorías planteadas por pensadores como Karl Marx, Sigmund Freud o Alfred Adler, para explicarlo *todo*. Adler creía que todo ser humano estaba dominado por un sentimiento de inferioridad. “*Ser humano*”, dijo, “*significa sentirse inferior*”. A pesar de lo impresionante que parece, Popper llegó a la conclusión de que lo que parecía el punto fuerte de la teoría de Adler -su capacidad de explicarlo todo- era en realidad su debilidad. Veamos por qué.

Imagina que un hombre que pasea por la orilla de un río con aguas rápidas ve a un niño que se cae al agua. Tiene dos opciones: o salta e intenta salvar al niño, o no. Supongamos que lo intenta. “*Ajá*”, dice Adler, “*esto demuestra mi teoría. El hombre ha intentado superar su complejo de inferioridad demostrando su valentía*”. Supongamos que no lo intenta. “*Como digo*” -afirma Adler- “*este hombre tiene un fuerte complejo de inferioridad que le incapacita para intentarlo*”.

Lo anterior no es una caricatura, porque una teoría que lo explica todo, en realidad no explica nada. Según Popper, una teoría verdaderamente científica se caracteriza por ponerse en riesgo, es decir, poder ser contrastada por los hechos.

Actividad 3.10

Analiza con detenimiento la historia del Dr. Semmelweis (es un ejemplo de aplicación del método hipotético-deductivo). Extrae conclusiones.



El Doctor húngaro Ignaz Semmelweis (1818-65)

Conjeturas y refutaciones

El método científico que propone Popper se basa en hacer conjeturas y refutaciones. Una conjetura es una hipótesis, y según Popper, no hay una forma mecánica ni sistemática de dar con buenas hipótesis por más que se observen los hechos. Lo que sí es necesario es un punto de imaginación que te permita observar los hechos de otra forma. Eso es lo que hizo Copérnico cuando planteó que era la Tierra la que giraba alrededor del Sol. A menudo, los científicos tienen sus mejores ideas por un golpe de intuición. Se cuenta que Newton pensó en la gravedad universal cuando vio caer una manzana de un árbol, y que la tabla periódica se le ocurrió a Mendeleev durante un sueño. Sin embargo, no es probable que se tengan grandes intuiciones sin los conocimientos necesarios. Cuando le preguntaron a Newton cómo había descubierto la gravedad universal, contestó que *“pensando en ello continuamente”*. Y Mendeleev hizo grupos de cartas con los nombres de los elementos escritos en ellas, e hizo combinaciones hasta que hizo su gran propuesta.

Lo más importante de las conjeturas científicas es que son **contrastables**. Pensando en el problema de la inducción, Popper destacaba la asimetría entre la confirmación y la falsación. Consideremos de nuevo el ejemplo anterior: “todos los metales se expanden con el calor”. No podemos estar seguros de que la ley sea cierta por más observaciones que hagamos -recuerda al pavo de Russell- ya que siempre es posible que el próximo caso nos sorprenda. Pero basta que encontremos un solo caso de metal que no se expande con el calor, para refutar totalmente la hipótesis. En otras palabras, mientras la confirmación es solo probable y no puede probarse que una ley sea verdadera, la refutación es decisiva: un solo contraejemplo demuestra que la ley es falsa.

La conclusión de Popper es que los científicos no deberían perder el tiempo intentando demostrar que sus hipótesis son verdaderas; porque el problema de la inducción demuestra que eso es imposible. Más bien deberían dedicar el tiempo a comprobar que sus hipótesis son **refutables**. A pesar de que parezca raro, la visión de Popper es atractiva en muchos sentidos: un acercamiento verdaderamente científico debería explorar los defectos de las teorías científicas aceptadas. **Lo que no le convenía en absoluto, era cualquier forma de dogmatismo científico que aceptara ciegamente la ortodoxia establecida. Ya que si la ciencia es progreso, la gente debe cuestionar y criticar el estado actual del conocimiento científico.**

No hay mérito alguno en refutar hipótesis absurdas, como *“comer una manzana al día te hace mejorar en matemáticas”* o *“la gente que lleva vaqueros tiene menos accidentes de coche”*. **La cuestión radica más bien en analizar las hipótesis supuestamente confirmadas y descubrir sus deficiencias.**

Tomemos, por ejemplo, la ley científica de que el agua hierve a 100°. Si pones a hervir olla tras olla de agua, nunca demostrarás del todo que esta ley es cierta, y no harás ninguna contribución significativa a la ciencia. Sería mejor buscar situaciones en las que el agua no hierve a 100°C. Si adoptas esta postura, podrías descubrir que, a

ciertas altitudes, el agua hierve a menos de 100°C. El reto entonces es buscar una explicación de por qué se produce ese hecho. Así, estás en disposición de probar ideas nuevas y hacer verdaderos progresos científicos.

Según Popper, una teoría que resista nuestros esfuerzos por refutarla, debería ser provisionalmente aceptada como lo mejor que tenemos, de momento. Pero insiste en que no puede decirse que sea verdadera en un sentido absoluto; siempre cabe la posibilidad de que sea sustituida en el futuro por una teoría mejor, pues tarde o temprano se descubrirá que no es absoluta, perfecta ni definitiva. Eso es lo que pasó con la física newtoniana.

Críticas a Popper

A pesar de los atractivos de la filosofía de la ciencia de Popper, ha recibido varias críticas.

La falsación es concluyente en la teoría, pero no en la práctica

El falsacionismo se basa en la idea de que, mientras la confirmación es provisional, la falsación es definitiva. Aunque en teoría sea así, resulta que en la práctica la falsación no es más conclusiva que la verificación. Imagina, por ejemplo, que haces un experimento en el laboratorio que contradiga una de las leyes de Newton. ¿Anuncias que has refutado a Newton? Lo dudo. La conclusión más razonable es que has hecho mal el experimento. **Lo que este ejemplo muestra es que, aunque en teoría un contraejemplo basta para derribar una ley de la naturaleza, en la práctica no. Cuando hay un conflicto entre la hipótesis y un caso tenemos dos opciones: rechazar la hipótesis, o rechazar el caso.**

Hay muchos ejemplos en la historia de la ciencia en los que los científicos se han negado a rechazar sus teorías ante la evidencia de algún hecho que parecía contradecirlas. He aquí tres ejemplos.

a. Biología. La teoría de la evolución de Darwin requería que la Tierra tuviera cientos de millones de años de edad para que las especies hubieran tenido tiempo de evolucionar. Según los cálculos del mejor físico de la época -Lord Kelvin- la Tierra no tenía más de 100 millones de años de edad. Se basaba en los datos más precisos de la época. Pues bien, Darwin afirmó que eran “un error ridículo” y mantuvo su teoría.

b. Química. Cuando Dimitri Mendeleev presentó su tabla periódica ordenando los elementos según el peso atómico, los pesos de algunos elementos no encajaban en su modelo. Mendeleev no abandonó su teoría, sino que concluyó que los pesos anómalos se debían a un error experimental.

c.Física. La teoría de la gravedad de Newton implicaba que, dado que hay fuerzas de atracción entre las estrellas, el universo se destruiría por aplastamiento. Newton vio que este era un problema serio, pero más bien a la desesperada, concluyó que *Dios debía estar contrarrestando la gravedad manteniendo las estrellas en su sitio.*

A posteriori, podemos decir que Newton, Mendeleev y Darwin tenían razón al mantener sus teorías a pesar de las observaciones que las contradecían. El universo no se ha aplastado porque la velocidad a la que se mueven las estrellas contrarresta la gravedad. Los pesos anómalos de Mendeleev se debían a la presencia de varios isótopos. Y posteriormente se descubrió que la forma de calcular la edad de la Tierra de Kelvin era errónea.

Las hipótesis ad hoc pueden rescatar una teoría falsada

Lo que demuestran los ejemplos anteriores es que no siempre deberíamos rechazar una teoría prometedora en cuanto se da una contraevidencia. Podría tratarse de un error. Desde luego que si las evidencias experimentales van repetidamente contra la teoría, deberíamos abandonarla. Sin embargo, una teoría bien establecida puede pervivir durante mucho tiempo a pesar de que haya hechos que no explica satisfactoriamente. Lee esta historia que narra el filósofo de la ciencia **Imre Lakatos** (1922-1974):

Un físico preeinsteniano aplica las leyes de Newton a un pequeño planeta p recién descubierto, para calcular su trayectoria. Pero el planeta se desvía de lo calculado. ¿Abandona nuestro físico las leyes de la física newtoniana porque el planeta refuta la teoría? No. Sugiere que debe haber un planeta p1 desconocido hasta la fecha que desvía la trayectoria de p. Calcula la masa y la órbita de ese planeta hipotético y le pide a un astrónomo que compruebe su hipótesis. El planeta p1 es tan pequeño que incluso los mejores telescopios no lo localizan, así que el astrónomo pide una ayuda económica para fabricar uno mejor. Tres años después el telescopio está listo. Si se localizara el planeta p1, se consideraría una victoria de la ciencia newtoniana. Pero no lo localizan. ¿Abandona nuestro físico las leyes de Newton y la idea de que existe un planeta que perturba al primero? No. Sugiere que una nube de polvo cósmico nos impide verlo. Calcula la situación y características de la nube y pide una ayuda económica para enviar un satélite que compruebe sus cálculos. Si el satélite graba la presencia de la hipotética nube, sería una victoria impresionante de los planteamientos de Newton. Pero no se encuentra la nube. ¿Abandona nuestro físico la teoría de Newton, junto con la idea de que un planeta p1 y la nube que lo

esconde? No. Sugiere que hay algún campo magnético en esa parte del universo que perjudicó a los cámaras del satélite. Se envía un nuevo satélite. Si se encontrara el campo magnético, se consideraría un triunfo excepcional de la física newtoniana. Pero no lo encuentran. ¿Se concluye que esto refuta la ciencia newtoniana? No. Se propone cualquier otra hipótesis auxiliar o... se olvida esta historia en los polvorientos volúmenes de una biblioteca y nunca más es mencionada.

Como sugiere esta historia, no existe una teoría perfecta, y hay anomalías y problemas por resolver en cualquier área de la ciencia. Si una teoría está establecida y en general es exitosa, los especialistas tienden a asumir que, con el tiempo, las principales dudas serán resueltas. Por ejemplo, cuando se descubrió que Urano no se comportaba como predecían las leyes de Newton, los científicos no abandonaron la física newtoniana, sino que supusieron que debía haber un planeta desconocido que le afectaba. No rechazaron la teoría ni la observación, sino que propusieron una hipótesis auxiliar -la existencia de dicho planeta- para explicar los hechos. Esto condujo al descubrimiento de Neptuno en 1846. Sin embargo, cuando intentaron explicar la extraña trayectoria de Mercurio de la misma forma inventando la existencia de Vulcano, resultó que se equivocaron. Esta vez, el caso de Mercurio no podía explicarse con el **paradigma** newtoniano, y eso condujo a una revolución científica en la que la teoría de la relatividad desplazó a la física de Newton.

El factor racionalista en el pensamiento científico

Cuando hay un conflicto entre la observación y la hipótesis, hay tres opciones:

- rechazar la hipótesis
- rechazar la observación.
- aceptar la observación y la hipótesis, e inventar una hipótesis auxiliar.

Lo que demuestra todo esto es que hay un elemento racional y uno empirista en el pensamiento científico. **Un racionalista es quien cree que la razón es la principal fuente de conocimiento, y un empirista es quien cree que la experiencia es la principal fuente de conocimiento.** Cuando los hechos y la predicción no coinciden, un racionalista tiende a aferrarse a una teoría satisfactoria, mientras que un empirista tiende a aferrarse a una evidencia experimental. Muchos grandes científicos han tenido inclinaciones racionalistas en el sentido de que no han querido abandonar una teoría satisfactoria a la luz de las contraevidencias. Una vez le preguntaron a Einstein cómo hubiera reaccionado si su teoría general no hubiera sido confirmada experimentalmente. Contestó: “lo hubiera sentido mucho. La teoría es correcta en cualquier caso”.

El poder de la ciencia se debe al hecho de que combina la razón en forma de matemáticas y la experiencia, en forma de datos empíricos. La parte racionalista de la ciencia es la creencia de que hay un orden “ahí afuera”, y que ese orden puede ser comprendido por las teorías científicas. La parte empirista es que si una teoría sobrevive y florece, debe ser consistente con los hechos observados.

Lo que se sigue del análisis de Popper que hemos hecho, es que las teorías científicas no pueden ser verificadas ni falsadas concluyentemente. **No se las puede verificar concluyentemente por el problema de la inducción; y no se las puede falsar concluyentemente porque, cuando una observación contradice una teoría, siempre se puede rechazar la observación y mantener la teoría.** Estrictamente hablando entonces, el concepto de prueba sólo es aplicable a las matemáticas y la lógica, y no podemos decir que la ciencia pruebe cosas de forma absoluta. En ciencia, como en toda área del conocimiento referida al mundo, operamos con algo menos seguro que la certeza.

3. Ciencia y sociedad

Hemos visto que ni el inductivismo ni el falsacionismo nos dan un cuadro exacto de la naturaleza de la ciencia. El historiador de la ciencia **Thomas Kuhn** (1922-1996) nos da una tercera perspectiva. Kuhn es conocido por introducir el concepto de **paradigma** en la filosofía de la ciencia. **Un paradigma es una teoría dominante compartida por una comunidad de científicos, como químicos, físicos o biólogos, que se usa para explicar y dar sentido a una parte de la realidad.** Hay tres importantes paradigmas con los que probablemente te toparás en el instituto: la física newtoniana, la teoría química atómica y el evolucionismo.

La ciencia normal

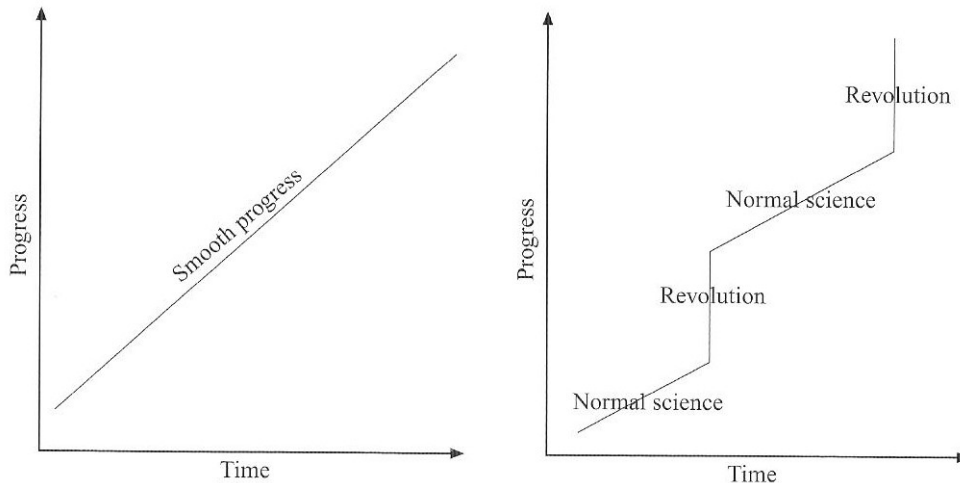
Mientras Popper mantenía que los científicos deberían cuestionar constantemente sus hipótesis, Kuhn prestó atención al hecho de que durante los períodos que llamaba de “ciencia normal”, la inmensa mayoría de científicos se ocupaban de resolver problemas aplicando el paradigma que daban por supuesto. Por poner el ejemplo de antes, la irregularidad en la órbita de Urano no llevó a los científicos a cuestionar la mecánica de Newton; más bien intentaban resolver el problema aplicando el marco teórico de Newton. Popper rechazaría esta actitud como poco crítica, pero el hecho es que si quieres hacer algo, no puedes cuestionar continuamente todos tus presupuestos. Mientras que los grandes científicos como Darwin, Dalton o Newton, fueron arquitectos que establecieron nuevos paradigmas, la mayor parte de los científicos son obreros que pacientemente cubren vacíos para ampliar el conocimiento, pero aceptando un paradigma dominante.

Las revoluciones científicas

A pesar de la estabilidad de los períodos de ciencia normal, Kuhn observó que en lugar de progresar lentamente, la historia de la ciencia está salpicada de revoluciones.

Una revolución científica tiene lugar cuando los científicos están insatisfechos con el **paradigma dominante**, y proponen una forma completamente distinta de ver las cosas. Si triunfa, el nuevo paradigma sustituirá al antiguo y se abre un nuevo período de ciencia normal. El paso del modelo geocéntrico del universo al heliocéntrico es un ejemplo clásico de revolución científica. Otros casos son la sustitución de la física aristotélica por la newtoniana, y la sustitución de la física newtoniana por la teoría de la relatividad de Einstein a principios del siglo XX.

Aunque tendemos a ver la ciencia como un progreso continuo, según Kuhn la realidad es diferente.



No hay algo así como una teoría científica perfecta, y en cualquier época hay todo tipo de problemas que están por resolver. Durante los períodos de la ciencia normal, hay una clara confianza en que dichos problemas serán resueltos por el paradigma dominante. Sin embargo, al aumentar con el paso del tiempo el número de problemas por resolver, alguien empezará a cuestionar el paradigma. **Si uno nuevo provee una mejor explicación de las cosas, probablemente tendrá lugar una revolución científica.** Pero no todo el mundo se convierte a la nueva forma de pensar, y por un tiempo habrá fuertes discusiones entre los que defienden el paradigma antiguo y los que apuestan por el nuevo. A menudo, las ideas nuevas triunfan cuando los científicos mayores y más conservadores van muriendo. Para entonces, serán desplazados por una nueva generación familiarizada con el nuevo paradigma.

Actividad 3.11

1. **¿Qué hay de verdad en que los mayores sean más conservadores y desconfíen más de las ideas nuevas que los jóvenes?**
2. **Investiga qué edad tenían algunas de las figuras centrales de la historia de la ciencia cuando propusieron las teorías que les hicieron famosos. ¿Llegas a alguna conclusión?**

¿Es racional la ciencia?

Según Kuhn, el progreso de la ciencia no es tan racional como se ha pensado. Durante las revoluciones científicas no hay una conclusión clara sobre si es racional o no adherirse al paradigma antiguo o al nuevo. Esto se debe a que en la práctica nunca se puede verificar o refutar concluyentemente una teoría. Ya que siempre podemos ignorar los hechos que refutan el paradigma antiguo por considerarlos errores experimentales o inventado hipótesis auxiliares (recuerda la historia de Lakatos). Puesto que no hay una forma totalmente racional de escoger entre paradigmas, Kuhn comparó el cambio de un paradigma a otro a **una conversión religiosa** en la que pueden influir **desde presiones sociales hasta ambiciones personales**.

Sin duda hay algo de cierto en las ideas de Kuhn. Nos gusta pensar que a los científicos les motiva únicamente el amor por la verdad, pero eso es sólo parte de la realidad. Un vistazo a la historia de la ciencia sugiere que hay otros motivos más dudosos, como la ambición, la vanidad y la envidia, que también juegan un papel. Las **disputas sobre la prioridad** que salpican la historia de la ciencia, confirman la irónica frase del biólogo francés Charles Nicolle que dijo que “sin la ambición ni la vanidad nadie se dedicaría a una profesión tan opuesta a nuestros apetitos” (una disputa sobre la prioridad es una disputa sobre quién fue el primero en descubrir una ley o inventar una teoría). Lo cierto es que a los científicos les importa su estatus social y su reconocimiento público como a cualquier otra persona. El astrónomo **Edwin Hubble** (1889-1953) estaba tan deseoso de ganar el Premio Nobel que contrató a un experto en relaciones públicas para que le ayudara a conseguirlo. Lamentablemente para Hubble, no hay Nobel de astronomía, y sus esfuerzos fueron en vano.

El contexto social también juega un papel en el desarrollo de la ciencia y puede determinar la elección de un científico sobre qué cuestiones investigar. Gran parte de la investigación científica tiene que ver con el desarrollo militar para tener más poder, o el interés económico en obtener beneficios. A un científico le pueden atraer las áreas en las que se invierta dinero para investigar. O puede que eludan aspectos políticamente controvertidos, prefiriendo trabajar en otros menos controvertidos. Además, si buscan reconocimiento, también tendrán presión por doblegarse a las creencias y valores de la comunidad científica.

Valoración de Kuhn

Los tres aspectos que hemos visto de la teoría kuhniana de la ciencia se pueden resumir como sigue:

- Durante los períodos de ciencia normal, la mayor parte de los científicos no cuestiona el paradigma con que trabajan y se ocupan en cubrir huecos por resolver.
- La historia de la ciencia, más que progresar lentamente, experimenta saltos revolucionarios.
- Durante las revoluciones científicas, no hay una forma completamente racional de escoger entre paradigmas rivales.

Para aclarar si las ideas de Kuhn son convincentes, profundizaremos en cada uno de estos puntos.

La ciencia “normal”

Es cierto que durante los períodos de ciencia normal la mayor parte de los científicos trabajan con el paradigma dominante sin cuestionarlo. ¿Es eso bueno o malo? Admitamos que si los científicos tienen que avanzar no pueden estar cuestionando infinitamente sus presupuestos, pero si *nunca* lo hacen, sus creencias pueden estancarse en el dogmatismo. Esta es la visión de Popper:

En mi opinión, el científico normal -como lo llama Kuhn- es una persona que inspira lástima. Le han enseñado mal. Creo que la formación universitaria (y si es posible antes) debería formar y entrenar el pensamiento crítico. Pero al científico normal le han inculcado un espíritu dogmático: es víctima de la indoctrinación. Ha aprendido una técnica que aplica sin preguntar por qué. Como Kuhn dice, está destinado a completar “puzzles”. Con la elección de este término, Kuhn remarca que el científico “normal” no está preparado para afrontar otra cosa que no sea aplicar lo que ha aprendido, una rutina. El éxito de la ciencia normal consiste en demostrar que la teoría dominante puede ser aplicada satisfactoriamente para resolver el puzzle en cuestión.

Actividad 3.12

¿Hasta qué punto se te anima a cuestionar las teorías científicas en las clases de ciencias? ¿Puede ser contraproducente hacerlo?

Las revoluciones científicas

Hay que tomarse con cuidado la visión kuhniana de la ciencia en términos de revoluciones. Ya que puede hacernos creer que todas las creencias científicas actuales serán barridas un día por una revolución. El hecho de que la ciencia esté salpicada de períodos de inestabilidad intelectual no significa necesariamente que cuando un paradigma sustituye a otro, el antiguo desaparece sin dejar rastro. De hecho, la historia de la ciencia sugiere que el conocimiento científico es claramente acumulativo y que, con el paso del tiempo, se acerca a la verdad.

Veamos la Física, por ejemplo. A pesar de que la física newtoniana fue sustituida por la teoría de la relatividad de Einstein, la primera es válida en una amplia gama de fenómenos, y es un caso especial de aquella. Más que pensar pues en si es cierta o no, haríamos mejor en pensar **si una teoría es más o menos inclusiva**. A pesar de sus limitaciones, la física aristotélica daba una descripción razonable de muchos fenómenos cotidianos. Fues sustituida por la newtoniana, que es más rigurosa y explica muchos tipos más de hechos. Pero si queremos explicar el movimiento de los electrones en un átomo o la naturaleza de un campo gravitacional cerca de un agujero negro, tendremos que recurrir a la teoría de la relatividad.

Podemos ilustrar la idea de la inclusividad con la siguiente analogía. Si están poniendo los cimientos de una casa, puedes considerar la Tierra como si fuera plana, y hacer tus cálculos según una geometría plana. Pero si se trata de una superficie mucho más grande, tendrás que tomar en cuenta la curvatura de la Tierra. En este caso, la geometría plana es un caso particular de geometría apropiado para una superficie redonda. De la misma manera, los físicos consideran la teoría de Newton como una aproximación útil que se puede integrar en la teoría más general de la relatividad.

Parece razonable suponer que la ciencia continuará progresando de forma acumulativa en el futuro. Seguramente alguna de nuestras teorías actuales serán rechazadas como falsas. Pero es difícil imaginar a los científicos del futuro rechazando que la Tierra gire alrededor del Sol o que el agua conste de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Puede sin embargo que descubran que tales creencias son aproximaciones a una teoría más completa e inclusiva que no podemos imaginarnos en el presente.

Escoger entre paradigmas rivales

Kuhn afirma que en períodos de crisis científica no hay una forma totalmente racional de escoger entre paradigmas rivales, y que las creencias de un científico estarán influidas por la sociedad en que vive.

Como hemos visto, hay sin duda algo de cierto en ello. A estas alturas, sin embargo, deberíamos distinguir entre el *origen* de una creencia y su *justificación*. El origen de una creencia no es relevante científicamente hablando. Lo que importa es que sea *contrastable*. Si es confirmada experimentalmente, será aceptada provisionalmente; de lo contrario será rechazada.

Puesto que paradigmas diferentes interpretan el mundo de formas diferentes y no podemos probar concluyentemente que uno sea falso, hay quien ha interpretado la teoría de Kuhn como una forma de relativismo. Pero el hecho de que no haya pruebas concluyentes no significa que el conocimiento científico sea relativo, sino que -como en toda área de conocimiento- las cosas dependen de la capacidad de *juzgar*. Necesitamos juzgar para decidir qué factores deben ser tenidos en cuenta y cuáles no, qué hipótesis tienen sentido y cuáles son demasiado estrafalarias, qué anomalías tomarse seriamente y cuáles ignorar como errores experimentales. Desde luego que nuestros juicios son falibles y pueden ser equivocados, pero eso no significa que sean irracionales. Cuando los astrónomos especulaban que la órbita irregular de Mercurio se debía a un planeta por descubrir -Vulcano- se equivocaban; pero dado el éxito de la física newtoniana, era una hipótesis racional. Lo importante, en definitiva, es que a pesar de que la razón es falible, no por ello no tiene valor.

Uno de los puntos fuertes de la ciencia es que, a la larga, tiende a autocorregirse. El hecho de que los científicos trabajan en grupo puede introducir presiones para que se amolden a la ortodoxia; pero su competitividad natural asegura que pongan a prueba los resultados de los otros. Además, la historia de la ciencia demuestra que las buenas ideas acaban abriéndose paso, y que el tiempo necesario para ellos se va reduciendo. Mientras que la teoría de Copérnico tardó más de 100 años en ser generalmente aceptada, la teoría de Einstein fue aceptada por los físicos en menos de 15 años.

Tal y como las buenas ideas se abren paso, las absurdas son erradicadas. A pesar del apoyo de la dictadura comunista que tuvo el biólogo soviético **Trofim Lyssenko** (1898-1976), que calificó la genética como *reaccionaria* y *decadente*, no consiguió que el trigo creciera y produjo una hambruna tremenda en la URSS.

Lo que se extrae de todo esto, es que, aunque no hay un criterio absoluto para escoger entre paradigmas rivales, algunas teorías van siendo más plausibles a medida que aumentan las evidencias con el paso del tiempo, y otras lo van pareciendo menos. Más allá de cierto punto, está justificado rechazar una teoría por irracional. Las ideas también mueren.

4. Ciencia y verdad

Recopilemos. A pesar de la alta estima en que se tiene a la ciencia, hemos visto que no hay una prueba concluyente para verificar ni refutar una hipótesis. Pero esto no significa que debamos caer en el relativismo. Si una teoría científica explica los hechos conocidos, es consistente internamente, y funciona en la práctica, deberíamos -por el momento al menos- aceptarla como verdadera. Probablemente será reemplazada por otra mejor en el futuro, pero eso significa que una teoría sucede a otra porque nos estamos aproximando a la verdad.

Al mismo tiempo deberíamos mantener una actitud crítica hacia nuestras creencias y estar dispuestos a cuestionarlas. Dado que tenemos tendencia a confirmar solamente lo que confirma nuestras creencias, hay que decir algo a favor de estar predispuesto psicológicamente a intentar falsarlas. Esta es una de las grandes aportaciones de Popper al pensamiento científico.



¿Existe una teoría del todo?

Hay quien cree que la finalidad última de la ciencia es descubrir una teoría general que explique completamente la totalidad de la naturaleza. Es improbable que el mapa de la ciencia pueda reproducir jamás el territorio de la realidad. El físico americano Richard Feynman (1918-88) dijo que comprender la naturaleza es como comprender el ajedrez. En ambos casos, *comprender* quiere decir “conocer las reglas de juego”. Aprender las reglas del ajedrez es relativamente fácil, pero aunque las conozcas, es imposible predecir el curso de ninguna partida (se estima que hay unos 10^{120} posibles movimientos). Por lo que respecta a la naturaleza, el juego resulta ser mucho más complicado que el ajedrez. No sólo es difícil descubrir las reglas del juego científico, sino que -incluso si lo conseguimos- nuestro entendimiento es general más que específico. Podemos conocer las reglas, pero no llegamos a ningún sitio sabiendo todas

las formas posibles en que pueden combinarse los átomos entre sí. Así que una comprensión de las reglas de la naturaleza, siguen dejando espacio para llevarse muchas sorpresas.

Mi impresión es que nunca tendremos un conocimiento completo de las reglas de la naturaleza. La ciencia opera bajo la presuposición de que aislando variables clave podemos descubrir la verdad. Cuando hacemos experimentos asumimos que algunos factores son relevantes y otros pueden ser ignorados. Hasta ahora la estrategia ha funcionado. Y sin embargo, la historia de la ciencia sugiere que a medida que la ciencia avanza, tenemos que tener en cuenta más y más factores que previamente considerábamos irrelevantes. Quizás, a medida que escarbemos en las complejidades de la naturaleza, descubramos que a un nivel profundo todo está relacionado. Como somos criaturas finitas, nunca captaremos la totalidad de las relaciones, punto en el que alcanzaríamos el límite de la ciencia.

Ciencia y cientifismo

El éxito de la ciencia y la tecnología ha llevado a la gente a hacer reclamaciones extravagantes al conocimiento científico. Según el **cientifismo**, la ciencia es la única forma de aproximarse a la realidad y de descubrir la verdad. Un representante de este punto de vista es el filósofo **Rudolf Carnap** (1891-1970): “*cuando decimos que el conocimiento científico no tiene límites, queremos decir que no hay pregunta que se le pueda resistir a la ciencia*”. Lo que dice Carnap es que la ciencia podrá obtener respuestas para todas las preguntas, y que lo que no sea una ciencia no se distingue del absurdo.

Hay una gran diferencia entre el cientifismo dogmático y la concepción más modesta de la ciencia que hemos visto en este tema. Podemos estar orgullosos de dónde ha llegado la ciencia; pero hay que tener presente que es una empresa humana falible que puede acercarnos a la verdad, sin darnos nunca certeza absoluta. A pesar de Carnap, la ciencia no tiene todas las respuestas, y hay muchas preguntas desconcertantes que están fuera de su alcance.

5. Conclusión

La perspectiva científica que se opone a la aceptación acrítica de los dogmas ha sido, en gran parte, responsable del enorme crecimiento del conocimiento en los últimos tres siglos. La ciencia es considerada como uno de los grandes éxitos de la humanidad. Nuestro orgullo sin embargo, debería ser atemperado por la humildad, y vale la pena recordar el comentario de Bertrand Russell: “*la ciencia nos dice lo que podemos saber, pero lo que podemos saber es poco, y si olvidamos todo lo que no sabemos,, nos volvemos insensibles a muchas cosas de gran importancia*”. Es impactante que algunos de los grandes científicos de todos los tiempos hayan sido conscientes de los límites de

sus logros, y de la magnitud de su ignorancia. Al final de sus días, Einstein afirmó que *“la ciencia en conjunto, comparada con la realidad, es primitiva e infantil”*. Y sin embargo, seguía creyendo que es *“lo más precioso que tenemos”*.

Puntos clave

- El éxito de las ciencias naturales ha llevado a que algunas personas las vean como la forma más importante de conocimiento.
- La principal diferencia entre la ciencia y la pseudociencia es que las hipótesis científicas son contrastables y las pseudocientíficas no.
- Según la visión tradicional del método científico, la ciencia consiste en cinco pasos: observación, hipótesis, experimento, ley y teoría.
- De entre los problemas que surgen de la aplicación del método científico, uno es que la observación es selectiva. Y que somos más propensos a notar lo que confirma nuestras hipótesis que lo que las contradicen.
- Puesto que las leyes científicas se basan en un número limitado de observaciones, nunca podemos estar seguros de que sean verdaderas.
- Según Karl Popper, la ciencia debería basarse en el método de hacer conjeturas y refutaciones, y los científicos deberían intentar falsar sus hipótesis en lugar de verificarlas.
- En la práctica, una hipótesis no puede ser más concluyentemente falsada de lo que puede ser concluyentemente verificada.
- Thomas Kuhn llamó la atención sobre el papel que los paradigmas tuvieron en la ciencia y argumentó que la ciencia es interrumpida por saltos revolucionarios o cambios de paradigma.
- Aunque las creencias científicas cambian con el tiempo, se podría decir que cada nueva teoría está más cerca de la verdad que la anterior.
- A pesar del éxito de las ciencias naturales, no pueden darnos una certeza absoluta hay muchas preguntas misteriosas que no están a su alcance.

Términos que recordar

Anomalía, conjeturas y refutaciones, falsación, hipótesis, ley, paradigma, pseudociencia, racionalismo, empirismo, cientifismo.

TEXTOS

Texto nº 1

El doctor Keating, especialista en enfermedades de difícil diagnóstico, afirma:

“Cuando la gente va al médico, a menudo cree que tiene la capacidad de tomar las decisiones correctas para ellos. Eso va más allá de la realidad científica. Confían en que nuestras decisiones son más importantes que las suyas. Eso es un problema, porque alienta a los médicos a no ser sinceros con lo que saben y lo que no saben. Nuestro ego hace que la gente crea que sabemos”.

En medicina, el ciclo de la confianza se autoperpetúa. Los médicos aprenden a hablar con confianza como parte de su proceso de formación (también puede existir una tendencia a que personas que de por sí confían en sí mismas, elijan la carrera de medicina). Entonces, los pacientes tratan a los médicos como si fueran sacerdotes con una visión divina y no como a individuos que podrían no saber tanto como profesan. Esta adulación refuerza a los médicos, y los lleva a adquirir más confianza aún. El peligro sobreviene cuando la confianza supera el conocimiento y la capacidad. En palabras de Keating: “la ecuanimidad es algo a lo que tendríamos que aspirar, pero habría que obtenerla adquiriendo habilidades, y siempre debe haber un componente de ‘no es seguro’, para seguir aprendiendo. Todavía hay mucho sitio para la humildad en nuestra profesión”.

Los médicos deben atender las evidencias, admitir lo que no saben y aprender de sus pacientes. No todos pueden superar su exceso de confianza.

C. Chabris y D. Simons, *El gorila invisible*, RBA, pp. 144-145

Texto nº 2

Crec que el cervell té una exigència fonamental: ha de tenir una representació unificada i coherent del món que l’envolta, així com de les forces que animen aquest món. Els mites, com les teories científiques, responen a aquesta exigència humana. En tots els casos, i contràriament al que es pensa sovint, es tracta d’explicar allò que es veu per allò que no es veu, el món visible per un món invisible que és sempre producte de la imaginació. Per exemple, es pot mirar el llamp com l’expressió de la cólera divina o com una diferència de potencial entre els niguls i la Terra; es pot mirar una malaltia com el resultat d’un malefici o com el resultat d’una infecció vírica, però, en tots els casos, allò que s’invoca com a causa o explicació, són forces invisibles que regeixen el món. En conseqüència, es tracti d’un mite o d’una teoria científica, tot sistema explicatiu és producte de la imaginació humana. La gran diferència entre el mite i la teoria científica és que el mite és fix. Un cop imaginat, el mite és considerat com l’única explicació

possible del món. Tot esdeveniment és interpretat com un signe que confirma el mite. Una teoria científica, en canvi, funciona de manera diferent. Els científics s'esforcen a confrontar el producte de la seva imaginació (la teoria científica) amb la "realitat", és a dir, la predicció dels fets observables. A més, no s'accontenten a recollir signes de la seva validesa, s'esforcen a produir-ne altres més precisos, sotmetent-los a l'experimentació. I els resultats d'aquesta poden estard'acord o no amb la teoria. I si no hi ha acord, cal rebutjar la teoria i formular-ne una altra. Així, és propi d'una teoria científica ser modificada o esmentada constantment.

François Jacob, *L'évolution sans project*, Seuil

Texto nº 3

Casi parece como si ninguna fuerza de argumento en asuntos tan abstractos como las generalidades de la filosofía, tuviese poder suficiente para alterar una opinión ya formada. El partidario de la doctrina refutada, no sólo no queda convencido, sino que siempre encuentra algún modo de salir del atolladero. Mas cuando nos detenemos a examinar el asunto, descubrimos que esta aparentemente ilimitada posibilidad de producir contraargumentos ante un argumento -por conclusivo que sea- que se refiere a algo altamente abstracto y al mismo tiempo conocido por todos, siempre depende del gran error de principio que consiste en pensar que una opinión firmemente establecida en la mente humana puede probarse a sí misma. Nunca faltarán frases que puedan tener una nueva forma de atractivo para la mente, hábitos de pensamiento utilizados como justificación de cualquiera de sus pensamientos. Si se les fuerza a abandonar una forma de palabras, siempre encontrarán otra con que reproducir la misma, invariable inferencia de que la cosa *tiene que ser así* porque es la naturaleza (es decir, el hábito) de la mente concebirla de ese modo. No sé de ningún lugar (excepto en el campo de la lógica) en que se esté disputando una verdadera batalla contra esta *fons errorum*.

John Stuart Mill, *Diario*, Alianza.

Texto nº 4

Cuando Darwin dejó caer su bomba, lo hizo en cierto modo por control remoto. Era una persona muy tímida, aquejada de una mala salud crónica. No le apetecía en absoluto meterse en aquella especie de lucha a vida o muerte que sabía instintivamente que estallaría cuando su teoría de la evolución chocara de frente con la ortodoxia política y religiosa de su época. La Iglesia de Inglaterra tenía un inmenso poder político y social, por encima y más allá del control doctrinal de las almas del pueblo británico. De hecho, Darwin tenía tan poco interés en enfrentarse con este monstruo, que durante varios años se abstuvo de publicar su teoría. Continuó acumulando pruebas cada vez más numerosas que confirmaban lo que su intuición magistral, surgida años antes en las islas Galápagos, le había dicho que era cierto: todas las especies han evolucionado. Han estado evolucionando desde los inicios de la vida. Se relacionan entre sí por la descendencia, y las líneas de descendencia pueden seguirse en los fósiles. Los fósiles

que Darwin escogió para apoyar su teoría eran los menos polémicos que pudo encontrar: oscuros organismos marinos, pequeños percebes, almejas extinguidas hacía tiempo, etc. Sólo en un pasaje de *El origen de las especies* llegó a insinuar que la evolución tenía algo que ver con el hombre. Al final de todo insertó una frase: “se podrá aclarar el origen del hombre y su historia”.

Pablo Cámara, “La teoría de la evolución por selección natural”.

Texto nº 5

Hay dos diferencias importantes y estrechamente relacionadas entre el tipo de explicación que busca la ciencia y el que suministran las supersticiones de diverso género. La primera diferencia significativa reside en la actitud tomada ante la explicación de que se trate. La actitud típica del que acepta realmente una explicación no científica es *dogmática*. Considera lo que él acepta como algo absolutamente verdadero y más allá de toda posibilidad de mejora o corrección. Durante la Edad Media y los albores de la Edad Moderna, la palabra de Aristóteles era la autoridad última a la cual apelaban los eruditos para decidir acerca de cuestiones de hecho. Por empírica y de espíritu abierto que haya sido la manera en que el mismo Aristóteles llegó a sus puntos de vista, éstos eran defendidos por los escolásticos ajenos a la ciencia con un espíritu completamente diferente y anticientífico. Uno de los escolásticos a los que Galileo ofreció su telescopio para que contemplara las lunas de Júpiter recién descubiertas, se negó a hacerlo, convencido de que nada nuevo podía verse, puesto que ¡no se las menciona en el tratado de astronomía de Aristóteles! Puesto que las creencias no científicas son absolutas, acabadas y definitivas, dentro del marco de una doctrina semejante no puede haber ningún método racional de considerar el problema de la verdad.

La actitud del científico ante sus explicaciones es totalmente diferente. En la ciencia toda explicación se propone a título de ensayo y provisionalmente. Toda explicación propuesta se considera como una pura hipótesis, más o menos probable, sobre la base de los hechos disponibles o las pruebas del caso. Debe admitirse que el vocabulario del científico es un tanto engañoso a este respecto. Cuando lo que en un principio fue sugerido como “hipótesis” llega a estar bien confirmado, frecuentemente se lo eleva a la categoría de una “teoría”. Y cuando, sobre la base de una gran masa de pruebas, alcanza una aceptación casi universal, es promovido al elevado rango de una “ley”. El léxico de “hipótesis”, “teoría” o “ley” no debe oscurecer el hecho importante de que *todas* las proposiciones generales de la ciencia son consideradas como hipótesis, nunca como dogmas.

Irving M. Copi, *Introducción a la lógica*, Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1969, pp. 373-374.

Texto nº 6

El antisemitismo no solo privó a la física alemana de algunos de sus más capaces investigadores. También amenazaba con prescribir qué tipo de física se podía o no hacer. La ideología nazi no era sólo cuestión de quiénes tenían o no permiso para vivir y trabajar en el estado alemán: la ideología nazi se introducía como un virus en el tejido de la vida intelectual. Poco después del boicot contra los comercios judíos a comienzos de abril de 1933, la nazificada Asociación de Estudiantes Alemanes declaró que había que purificar la literatura del “*espíritu antialemán*”, lo que trajo como consecuencia, el 10 de mayo, la quema ritual de decenas de miles de libros afectados por el intelectualismo judío. Entre ellos, las obras de Sigmund Freud, Bertold Brecht, Karl Marx, Stefan Zweig y Walter Benjamin: libros llenos de ideas corruptas, inaceptables. En algunas de estas piras, los estudiantes arrojaron entre clamores los libros de Albert Einstein.

Una cosa era decir que el arte era decadente, que su abstracción elitista o sus imágenes morbosas podían confundir a la gente. Pero, ¿cómo podía serlo una teoría científica? ¿Cómo podía alguien adoptar una postura pseudomoralista frente a una noción objetivamente correcta o incorrecta? Además, ¿no había quedado acaso demostrada la teoría de la relatividad de Einstein? ¿Qué sentido tenía eso de que la ciencia podía ser subvertida por el “*espíritu judío*”?

Naturalmente, sería absurdo suponer que la mayoría de los quemadores de libros se hubiera hecho, siquiera por un momento, estas preguntas. El hecho es que Einstein era un judío prominente, y sus ideas, por lo tanto, buenas para la hoguera. Pero la teoría de Einstein fue atacada por motivos raciales. Este ataque no vino de parte de los ideólogos necios del partido nazi, cuyos conocimientos de ciencia no iban más allá de una creencia de cuentos de hadas acerca del “*hielo cósmico*”, ni de individuos del sector científico en busca de aprobación y apoyo oficiales. Fue orquestado por dos premios Nobel de Física, que desarrollaron una tesis completa (no se la puede dignificar con el nombre de teoría) sobre cómo en el pensamiento científico se dejan ver rasgos raciales estereotípicos. Se llamaban Philippe Lenard y Johannes Stark, y quisieron convertirse en los nuevos *führers* de la física alemana.

La historia es fea, triste, y por momentos, cómica. Ilustra las complejas interacciones entre la ciencia y la política en la Alemania nazi, pues aunque cabría esperar que la “*física aria*” (*Deutsche Physik*) de Stark y Lenard fuese aclamada por los nacionalsocialistas, su recepción en los círculos oficiales fue ignorada a la larga. El caso de la *Deutsche Physik* demuestra cómo las pretensiones de los científicos de ser “apolíticos” no impidieron que la política infectara sus ideas científicas hasta casi saturarlas. Y lo que acaso sea más importante: esta historia desmantela el comfortable mito de la ciencia como aislante contra la irracionalidad profunda y el extremismo.

Philip Ball, *Al servicio del Tercer Reich*, págs. 109-110.

Texto nº 7

“Hoy, la ciencia se desenvuelve a partir de trabajos mancomunados e interdisciplinarios. El desarrollo científico es un trabajo de equipo y no de arrebatos personales y personalistas, con colectivos conformados por disímiles ideas y saberes que se confrontan para llegar a una conclusión aceptada y aceptable. Una tradición aclamada en la historia y la sociología de la ciencia pone de relieve el papel del genio individual en los descubrimientos científicos. Esta contribución se centra en las contribuciones de los autores solitarios, como Newton y Einstein, y puede ser vista como una tendencia a equiparar las grandes ideas con nombres particulares, como el principio de incertidumbre de Heisenberg, la geometría euclidiana, el equilibrio de Nash, o la ética kantiana. Varios estudios, sin embargo, han explorado un aparente cambio en la ciencia de este modelo de base individual de los avances científicos a un modelo de trabajo en equipo. Un estudio publicado en la revista *Science* que examinó casi veinte millones de artículos científicos y 2,1 millones de patentes en las últimas cinco décadas demostró que los equipos predominan sobre los autores solitarios en la producción de conocimiento con alto impacto. Esto se aplica a las ciencias naturales y la ingeniería, las ciencias sociales, las artes y las humanidades, lo que sugiere que el proceso de creación de conocimiento ha cambiado (de un 17,5% en 1955 a un 51,5% en 2000). Estos datos significan que se ha producido un cambio sustancial que liga la tarea de investigación a la labor colectiva. Del mismo modo, la extensión de los equipos ha ido creciendo hasta llegar a casi el doble en 45 años (de 1,9 a 3,5 autores por artículo).

Otra de las claves del desarrollo científico es que ningún trabajo se realiza haciendo *tabula rasa* con las tareas previas; más bien se parte de estas, potenciando sus aciertos y corrigiendo sus errores, lo que permite llegar a nuevas conclusiones de forma más satisfactoria”.

Facundo Manes, *Usar el cerebro*, págs. 27-28

Texto nº 8

-Si ustedes van a detectar cómo funciona el cerebro humano para curar enfermedades, se supone que van a manipular el cerebro, ¿o no? –le pregunté- . ¿Esa manipulación no puede ser usada con otros fines menos loables?

-Tienes razón- respondió. Pero te digo, que tanto los científicos que propusimos el proyecto como el gobierno estadounidense somos muy conscientes de la posible utilización equivocada de las técnicas que venimos estudiando. El proyecto es desarrollar técnicas para mapear y manipular la actividad cerebral. Pero el objetivo inicial es entender cómo funciona el cerebro y ayudar a los pacientes. Tenemos una deuda con los millones de pacientes que hay en el mundo. Seguramente tú, como yo,

tenemos parientes cercanos que padecen esquizofrenia o epilepsia. Tenemos que curarlos.

-¿Cómo?- Por ejemplo, la esquizofrenia es un problema en el que los pensamientos están desorganizados y desconectados de la realidad. Entonces, podríamos desarrollar técnicas para enlazar un pensamiento con otro y corregir la manera anormal que tienen de pensar los esquizofrénicos.

-Pero no has contestado mi pregunta –le dije con amabilidad-. ¿No es peligroso empezar a manipular el cerebro humano?

-Estas técnicas pueden utilizarse también para fines que no sean altruistas –respondió-. Es el mismo peligro que siempre corre la ciencia cuando se desarrollan técnicas: piensa en la energía atómica, o en la creación de nuevas bacterias, que se pueden usar para promover grandes avances de la humanidad, o para provocar acciones devastadoras. Tenemos la responsabilidad, como ciudadanos, de que no sea así.

-¿Cuáles serían los peligros?- insistí.

-Creo que una posibilidad sería, como tú dices, que se pueda leer la mente de las personas o interferir en su pensamiento –dijo Yuste. Pero, precisamente por eso, hemos hecho la propuesta de que el desarrollo de estas técnicas esté controlado y supervisado por comités éticos formados por representantes tanto de la sociedad como expertos en ética y también científicos. Te aseguro que tanto los técnicos que estamos tras el proyecto como el gobierno estamos vigilando esto. El propio presidente Obama lo mencionó en su rueda de prensa: dijo que iba a encargar a un comité ético que supervisase la utilización de este tipo de tecnología.

Andrés Oppenheimer, *¡Crear o morir!*, págs. 140-141

Texto nº 9

Ciencia e incertidumbre

por Mikel Buesa

En estos tiempos convulsos en los que parece que todo se diluye, también los científicos se ven sometidos a tensiones que les apartan de los principios básicos de su ética profesional y los convierten en una especie de gurús que se creen capaces de predecir lo que el futuro tal vez no conocerá nunca. Un aspecto fundamental de la actividad científica es el que se refiere a la incertidumbre de sus resultados. Los científicos se plantean problemas y tratan de resolverlos aplicando un método estricto,

en el que no caben los atajos ni las creencias, sin saber nunca a dónde les conducirá su esfuerzo. Éste tal vez se vea coronado por el éxito, pero puede ocurrir que el curso de la investigación conduzca a un callejón sin salida. Y sin embargo, las presiones que reciben de los planificadores y gestores de la política científica les obligan siempre, si quieren obtener fondos para sus laboratorios, a hacer promesas sobre el futuro. Y las hacen, ¡vaya si las hacen! Por eso no es infrecuente encontrar sus declaraciones en los periódicos mostrando con contundencia lo que van a ser sus logros a plazo fijo. Por ejemplo, hace unos días se ha publicado una entrevista con el astrobiólogo de la NASA Kevin Hand en la que éste afirma sin rubor: "En veinte años sabremos si hay una civilización extraterrestre". En el mismo sentido, recuerdo que hace unos años proliferaron las declaraciones de investigadores en células madre, dentro de una campaña en la que trataban de anular las resistencias al empleo de embriones humanos para su trabajo, prometiendo la curación de las más diversas enfermedades, desde la diabetes hasta la ceguera. Por cierto que uno de ellos acabó ocupando cartera en el gobierno de Zapatero y, aunque algún cambio introdujo en la regulación de esa materia, aún no ha sanado a ningún diabético.

La historia de la ciencia está llena de episodios curiosos que no son sino la manifestación de esa incertidumbre a la que se sujeta el trabajo de quienes la cultivan. Friedrich August Kekulé, al que la ciencia debe el descubrimiento de la estructura molecular del benceno y la industria de la química orgánica uno de los principales fundamentos de su desarrollo durante el último tercio del siglo XIX, fue homenajeado por ello en Berlín, en 1890. Si su manera de investigar no hubiese sido la que, en efecto, fue, no podría haber coronado el discurso que pronunció en aquella ocasión con estas palabras: "Aprendamos a dormir, caballeros, entonces quizá encontraremos la verdad». Porque tan colosal hallazgo sólo fue posible cuando, aburrido en la redacción de un libro para sus alumnos, sintió la tentación de ponerse frente a la chimenea de su estudio y al calor de la lumbre quedarse dormido. Fue entonces cuando, en su sueño, "los átomos estaban jugueteando ante [sus] ojos (...) trenzándose y retorciéndose en un movimiento serpenteante". Por cierto que Kekulé ya tenía experiencia en esto de los sueños, porque su aportación a la formulación estructural de los alcoholes etílico y metílico también se formó en su cabeza mientras dormía en el piso superior de un autobús de Londres. Imaginemos ahora la perplejidad que, entre los gestores actuales de la política científica, produciría cualquier investigador, joven o viejo, que pretendiera una subvención para acomodar, con un hogar o cualquier otro artilugio, sus tardes de somnolencia.

Y es que los planificadores que desde sus poltronas ministeriales pretenden conducir la ciencia hacia objetivos conocidos y bien definidos, en los que los futuros resultados se conviertan en promesas de progreso, de sanación o de grandeza, prescinden completamente de esa incómoda incertidumbre que todo lo complica. En vez de dejar a los científicos que conduzcan su pensamiento hacia horizontes insospechados, doblegan sus investigaciones con el propósito de hacer promesas electorales o de satisfacer las esperanzas frustradas de un público al que se ha hecho creer que la ciencia tiene

respuestas para todo. Claro que no faltan los científicos que aprovechan esa situación para arrimar el ascua de los recursos a su sardina, halagando los oídos de burócratas y políticos, y obtener de esa manera los dineros que a otros no les aprovechan. Recordemos aquel episodio de 1989 en el que cuatro profesores de la Universidad Autónoma de Madrid pretendieron haber logrado la fusión fría –emulando el experimento de Stanley Pons y Martin Fleischmann, hoy en día claramente desacreditado– y, de paso, que esta materia acabara convirtiéndose en una de las prioridades del Plan Nacional de la ciencia española.

Haría falta más modestia en todo este asunto de la conducción de la ciencia, alejando la financiación de la investigación en las universidades o en los laboratorios públicos de la arrogancia de quienes creen saber cómo será el futuro y de los intereses espurios de los que, sin suficientes avales académicos, se aprovechan de ellos. Porque tenemos la certeza de que, como señaló el que fuera durante más de dos décadas editor de la revista *Nature*, Sir John Maddox, aunque “los nuevos conocimientos surgen siempre de lo que ya se conoce, (...) lo más apasionante de los próximos años nacerá de preguntas que aún no podemos plantearnos porque no sabemos lo suficiente”.

Texto nº 10

Usted puede preguntarse: "¿Acaso no existen ámbitos como la investigación científica donde la predilección humana por las ideas propias no quede en un segundo plano? ¿No existen ámbitos donde las ideas se juzguen a partir de sus méritos objetivos?"

Como investigador, me gustaría responderle que la tendencia a enamorarse de las propias ideas no se manifiesta nunca en el claro y objetivo mundo de la ciencia. Después de todo, nos gusta pensar que a los científicos les preocupan realmente las evidencias y los datos, y que trabajan colectivamente, renunciando al orgullo o a los prejuicios, para conseguir el objetivo conjunto del progreso del conocimiento. Eso sería fantástico, pero la realidad es que la ciencia es hecha por seres humanos. Como tales, los científicos están sujetos al mismo mecanismo de 20 vatios por hora -el cerebro- y a los mismos prejuicios (como la predilección por las creaciones propias), exactamente igual que cualquier mortal. En el mundo de la ciencia, se llama irónicamente a este prejuicio como *la teoría del cepillo de dientes*: todo el mundo quiere un cepillo de dientes; todo el mundo lo necesita, y todo el mundo tiene un cepillo; pero nadie quiere usar el de otro.

Espere -podría decirme usted-. "No está mal que los científicos sientan mucho apego por sus ideas. A fin de cuentas, esto podría motivarlos a dedicar mucho tiempo a investigaciones difíciles y tediosas. Y podría aumentar su compromiso en la búsqueda".

Pero ese prejuicio suele tener también un lado siniestro. Thomas Edison, el inventor de la bombilla, estaba completamente entusiasmado con la corriente continua (CC). Un inventor serbio que se llamaba Nikola Tesla, fue a trabajar con Edison y desarrolló la corriente alterna (CA) bajo la supervisión de Edison. Tesla argumentaba que, a diferencia de la corriente continua, la corriente alterna no sólo permitiría encender bombillas a grandes distancias, sino que además permitiría alimentar inmensas máquinas industriales usando la misma red de suministro. En resumen, Tesla sostenía que el mundo moderno requería CA (y tenía razón). Sólo la CA podía alcanzar la escala y la dimensión necesarias para los usos importantes de la electricidad.

Edison, sin embargo, era tan celoso de su creación que despreciaba las ideas de Tesla, diciendo que "eran espléndidas, pero completamente impracticables". Incluso Edison podía haber sido el propietario de la patente de la CA, pues Tesla estaba con él cuando la inventó, pero su amor por la CC era más fuerte.

Edison contribuyó al descrédito de la CA señalando que era una forma de corriente peligrosa, algo que en la época era cierto. Lo peor que podía pasarle a alguien que tocara un cable de CC, era una descarga fuerte (un susto, pero no una descarga letal). Mientras que tocar un cable transmisor de CA, podía matar al instante. Los primeros sistemas de CA de finales del siglo XIX en Nueva York, estaban hechos de cables a la vista, entrecruzados. Los trabajadores que reparaban la red tenían que cortar las líneas muertas y volver a conectar las defectuosas, sin disponer de ninguna protección adecuada (algo que ya no sucede hoy en día). Y, ocasionalmente, algunas personas se electrocutaban.

Un accidente particularmente horroroso se produjo la tarde del 11 de octubre de 1889. En un bullicioso cruce en el centro de Manhattan, un técnico llamado John Feeks, estaba encaramado cortando unos cables muertos cuando tocó sin querer uno por el que pasaba corriente alterna. La descarga fue tan intensa que lo arrojó contra una red de cables. La suma de más descargas incendió el cuerpo: de los pies, la boca y la nariz salían chispas azules. La sangre chorreó por la calle ante los transeúntes estupefactos que observaban horrorizados y boquiabiertos. Este accidente le sirvió a Edison para justificar sus advertencias contra los peligros de la CA (y para defender la superioridad de su maravillosa CC).

Como Edison tenía el espíritu competitivo de todo inventor, no quería abandonar a su suerte el futuro de la corriente continua, de modo que inició una campaña de relaciones públicas contra la corriente alterna, procurando infundir en la gente temor a la tecnología de la competencia. Demostró los peligros de la CA mandando a sus técnicos a electrocutar a gatos y perros callejeros en público. El siguiente paso, fue crear en secreto una silla eléctrica basada en la corriente alterna, con la intención de usarla para la pena de muerte. A la primera persona ejecutada en la silla eléctrica, William Kemmler, se la coció viva lentamente. Sin duda, no fue el momento más inspirado de Edison, pero sí una demostración muy efectiva y sobrecogedora de los peligros de la

corriente alterna. Y sin embargo, pese a los intentos de Edison para boicotearla, la corriente alterna se impuso finalmente.

La locura de Edison también demuestra los pésimos resultados que puede tener cierto apego excesivo a las propias ideas, porque, a pesar de los peligros que supone la CA, también ha permitido incrementar el potencial energético del mundo. Por suerte para la mayoría de nosotros, el apego irracional a nuestras propias ideas no suele terminar tan mal como en el caso de Edison.

Dan Ariely, *Las ventajas del deseo*, pp. 111-112.

Texto nº 11

Durante mucho tiempo, la medicina fue un saber que se transmitía de generación en generación; los primeros profesionales de la antigüedad, trabajaban a partir de sus propias intuiciones, combinadas con la sabiduría heredada. Estos médicos pioneros, legaban después sus conocimientos a las futuras generaciones. Los médicos no se formaban para dudar de sus intuiciones ni para hacer experimentos; confiaban plenamente en sus maestros. Cuando la enseñanza se había completado, tenían una gran confianza en sus conocimientos (y muchos médicos siguen teniendo esa actitud). Así que repetían sin cesar lo que habían visto antes, incluso cuando topaban con evidencias que contradecían su saber. No quiero decir que los profesionales de la medicina no hayan descubierto tratamientos maravillosos a lo largo de los siglos; en efecto, lo han hecho. La cuestión es que, a falta de los experimentos necesarios, continúan usando tratamientos ineficaces o peligrosos durante mucho tiempo.

Un ejemplo de sabiduría médica heredada que resultó ser un fiasco, es el uso medicinal de las sanguijuelas. Durante siglos, las sanguijuelas se usaban para hacer flebotomías (un procedimiento que, se creía, ayudaba a equilibrar los cuatro humores: la sangre, la flema, la bilis negra y la bilis amarilla). De acuerdo con este método, se pensaba que la aplicación sobre la piel de esas criaturas que succionaban la sangre, lo curaba todo, desde los dolores de cabeza hasta la obesidad, desde las hemorroides hasta la laringitis, desde las lesiones oculares hasta las enfermedades mentales. Hacia el siglo XIX, el mercado de las sanguijuelas experimentó un auge; durante las guerras napoleónicas, Francia importaba millones y millones de estos bichos. Y de hecho, la demanda de las sanguijuelas medicinales aumentó tanto que la especie estuvo al borde de la extinción.

Pues bien, si usted fuera un médico francés del siglo XIX que empezara a practicar el oficio, *sabría* que las sanguijuelas funcionan por el simple hecho de que se han usado *exitosamente* durante siglos. Sus conocimientos habrían sido autorizados por otro médico que ya *sabía* que las sanguijuelas funcionan (bien por propia experiencia o por sabiduría heredada). Entonces llegaría su primer paciente, por ejemplo, un hombre con

dolor de rodilla. Le pondría una sanguijuela en la pierna, justo por encima de la rodilla, para aliviar la presión. La sanguijuela le sorbería la sangre, drenando la articulación (o eso creería usted). Una vez terminara el proceso, mandaría al hombre a casa y le recomendaría que descansara durante una semana. Si dejaba de quejarse, usted asumiría que el tratamiento con sanguijuelas había funcionado.

Desgraciadamente para el médico y el paciente, por aquel entonces no existían las ventajas de la tecnología moderna, de modo que no era posible saber que la verdadera causa del dolor era un esguince de rodilla. Tampoco había habido mucha investigación sobre la efectividad del descanso, ni se conocía la influencia que tenía sobre el paciente el hecho de que le atendiera alguien vestido con una bata blanca, ni de muchas otras formas de efecto placebo. Es evidente que los médicos no son malas personas; por el contrario, son buenos y solidarios. La mayoría de ellos escoge su profesión para ayudar a los enfermos. Pero, irónicamente, su bondad y su deseo de ayudar a todos y cada uno de sus pacientes son los factores que explican que les resulte muy difícil *sacrificar* a alguno de sus pacientes en nombre de un experimento.

Supongamos que usted es un médico del siglo XIX que está convencido de que la técnica de las sanguijuelas funciona. ¿Estaría dispuesto a hacer un experimento para comprobar su creencia? ¿Cuál sería el coste de tal experimento en términos de sufrimiento humano? Para que el experimento constituya un ensayo clínico controlado, debería usted privar a un gran grupo de sus pacientes del tratamiento con sanguijuelas, para tratarlos con algo que tuviera aspecto de sanguijuela e hiciera el mismo daño pero que no succionara la sangre, y controlar la diferencia. Pero, ¿qué tipo de médico condenaría a algunos pacientes privándolos de un tratamiento útil? Aún peor, ¿qué tipo de médico crearía una condición de control que supusiera el sufrimiento asociado al tratamiento, pero omitiese la parte supuestamente terapéutica (sólo para comprobar si el tratamiento es tan efectivo como se cree)?

Éste es el problema: a la gente –incluso a quienes se han formado en una disciplina como la medicina– le cuesta mucho asumir el coste asociado a la realización de experimentos, especialmente cuando tienen la profunda corazonada de que lo que están haciendo es beneficioso. Y aquí es cuando interviene la administración de alimentos y medicamentos estadounidense (*Food and Drug Administration*-FDA). La FDA exige evidencias de que los medicamentos son seguros y efectivos. Por engorroso, caro y complejo que resulte el procedimiento, la FDA sigue siendo la única institución que exige a las empresas probar la eficacia y la seguridad de los tratamientos que proponen. Gracias a eso, sabemos que algunos medicamentos para la tos infantil comportan más riesgos que beneficios; que la cirugía para el dolor de lumbares, no es útil; que las angioplastias de corazón y las prótesis vasculares, no prolongan realmente la vida de los pacientes, y que las estatinas, aunque reducen el colesterol, no previenen efectivamente las enfermedades cardiovasculares. Y sólo en la actualidad empezamos a ser conscientes de muchos otros ejemplos de tratamientos que no funcionan tan bien como originalmente se pensaba. Sin duda, hay gente que se queja de la FDA, pero las

evidencias acumuladas demuestran que todo va mucho mejor cuando nos vemos obligados a llevar a cabo pruebas clínicas controladas.

Dan Ariely, *Las ventajas del deseo*, pp- 275-277.

Texto nº 12

Cuán poco se hallan las ciencias, por su misma naturaleza, en oposición al preguntar filosófico, es cosa que se puede observar claramente en nuestro tiempo. La investigación científica de la realidad parece haber llegado hoy, a un punto extremo, que es casi idéntico al punto de mira del que filosofa. Y este punto de mira se adopta, siempre que la mirada se mantenga dirigida con suficiente imparcialidad hacia lo que se muestra a la vista. Así, es posible que el físico atómico, al preguntar, bajo el aspecto puramente físico, por la estructura elemental de la materia, venga a situarse tan cerca del planteamiento filosófico -¿qué es, en último término, la realidad material?- que queden poco menos que suprimidos los límites entre física y filosofía. Esta experiencia particular, explica que entre los estudiosos de la física atómica, haya no pocos que se hayan sentido impulsados a formular aseveraciones propiamente filosóficas. También en el campo de la psicología profunda, se ofrecen situaciones que llevan inevitablemente a preguntarse por el sentido último de la existencia.

Al traspasar ciertos límites, entra en vigor para el físico o el psicólogo, lo que se aplica al filósofo. Las cuestiones que en adelante se le plantean, no se pueden resolver ya con la exactitud que parecería obvia un momento antes, cuando sólo tenía la palabra el experto especializado.

Pieper, J., *Defensa de la filosofía*, pp.107-8.

Texto nº 13

La fuerza intelectual de la ciencia moderna se puede resumir como sigue. Nuestro cerebro y el sistema perceptivo evolucionó como un aparato para preservar y multiplicar los genes humanos. Pero sólo nos permite conocer un diminuto segmento del mundo físico cuyo dominio sirve a nuestras necesidades primarias. La ciencia ha superado esa limitación. Incluso va más allá de la expansión de la capacidad perceptiva mediante instrumentos. Otros elementos de esta labor son la clasificación de los datos y su interpretación mediante una teoría. Así se procesa racionalmente la experiencia sensorial que mejoran los instrumentos.

Nada en la ciencia –como nada en la vida- tiene sentido sin una teoría. Nuestra naturaleza pone todo el conocimiento en un contexto que tenga una narrativa, y recrear así el mundo. Así que analicemos el papel de la teoría unos instantes. Estamos fascinados por la belleza del mundo natural. Nuestra vista es atrapada por la trayectoria

de las estrellas polares, y la coreografía de los cromosomas al dividir las células de las raíces de una planta. Las dos cosas revelan procesos que son también vitales para nosotros. Sin embargo, sin el marco de la astronomía heliocéntrica y las leyes mendelianas de la herencia, no son más que formas bonitas de luz.

Teoría: una palabra lastrada por múltiples sentidos. Por sí sola, suena a erudición. Tomada en el contexto diario, es usada con demasiada ambigüedad. A menudo oímos que tal y cual afirmación es solamente una teoría. Cualquiera puede tener una teoría; puedes elegir entre las teorías que compiten por captar tu atención. Los sacerdotes vudú que sacrifican pollos para satisfacer a los espíritus de los muertos, parten de una teoría. También los cultos milenaristas que buscan en el cielo de Idaho las señales de un *Segundo Advenimiento*. Dado que las teorías científicas tienen parte de especulación, pueden parecer meras conjeturas con pies de barro. Esa, me temo, es la visión postmoderna: cada cual tiene una teoría válida e interesante. Sin embargo, las teorías científicas son fundamentalmente diferentes. Son propuestas con la intención de ser derribadas si se prueba que son erróneas, y cuanto antes pase eso, mejor. “Equivócate pronto” es una regla en la práctica de la ciencia. Les garantizo que los científicos se enamoran de sus teorías. Lo sé; a mí me ha pasado. Pueden pasar una vida para apuntalarlas. Unos pocos malgastan prestigio en el esfuerzo. En ese caso, funeral tras funeral, la ciencia avanza.

La electrodinámica cuántica y la evolución por selección natural, son ejemplos exitosos de grandes teorías, que explican fenómenos importantes. Los entes que postulan, como fotones, electrones y genes, pueden ser medidos. Sus afirmaciones pueden ser probadas frente al escepticismo, mediante experimentos, y contra las propuestas de teorías rivales. Las mejores teorías se ajustan a *la navaja de Ockham*, que dijo en 1320, que “*la explicación más simple y suficiente es la más probable, aunque no necesariamente verdadera*”. El principio de economía es parte de una buena teoría. Con una buena teoría simple, no necesitamos que Febo guíe al Sol subido en un carro, o que las dríadas habiten los bosques boreales. Se conceden menos licencias a los sueños, lo admito, pero se accede mejor al mundo verdadero.

Aun así, las teorías científicas son un producto de la imaginación- imaginación *informada*-. Llegan a predecir la existencia de fenómenos previamente insospechados. Generan nuevas hipótesis, conjeturas sobre temas inexplorados cuyos parámetros ayudan a definir. Las mejores teorías generan las hipótesis más fructíferas, que se traducen en preguntas que pueden ser contestadas claramente mediante la observación y la experimentación. Las teorías y su descendencia, las hipótesis, compiten por los hechos, que constituyen el recurso limitado en la ecología del conocimiento científico. Los supervivientes en ese tumultuoso ambiente, son los vencedores darwinianos, bienvenidos al canon, se establecen en nuestra mente, y nos guían en posteriores exploraciones de la realidad física.

Wilson, Edward O., *Consilience*, pp. 55-57.

Texto nº 14

Todos los científicos de talla filosofan y especulan. Stephen Hawking ha llegado a decir que en nuestro tiempo sólo los físicos se atreven a hacer filosofía. Gran parte de las teorías de vanguardia de la física actual son puramente especulativas, sin contacto alguno con la contrastación empírica. La teoría de supercuerdas, que ha ocupado a muchos de los mejores físicos teóricos en las últimas décadas, es de momento puramente especulativa, a pesar de su impresionante sofisticación matemática. Ello no excluye (ni implica) que algún día pueda encontrar puntos de contacto con la realidad y convertirse en ciencia empírica. También el atomismo fue una mera especulación metafísica durante casi 2.500 años, antes de encontrar confirmación experimental y pasar a ser la base de la química. Por otro lado, el que los científicos especulen filosóficamente no implica tampoco que sus especulaciones sean siempre buenas. En el principio antrópico, ya vimos un ejemplo de mala filosofía.

Desde los orígenes del pensamiento racional, el ser humano, en momentos de lucidez, se ha planteado grandes preguntas: ¿de qué están hechas todas las cosas?, ¿cuál fue el origen y cómo será el fin del Universo?, ¿qué es la vida?, ¿de dónde venimos?, ¿a dónde vamos?, ¿qué sentido tiene nuestra vida?, ¿qué podemos conocer? Contestar a estas grandes preguntas es la motivación profunda de la empresa científica y filosófica. Cuando los filósofos se olvidan de ellas o cuando tratan de contestarlas ignorando los resultados de la ciencia, caen en el escolasticismo y la hura verborrea. Cuando los científicos se olvidan de ellas, quedan reducidos a un tecnicismo árido y desabrido. Por la interfaz entre ciencia y filosofía pasa el horizonte en expansión de la comprensión racional del mundo y el punto álgido del placer intelectual.

No hay ninguna oposición ni separación tajante entre ciencia y filosofía. La contraposición se da, más bien, entre la frivolidad, la superstición y la ignorancia, por un lado, y la tendencia al saber y el empeño esforzado y racional por comprender la realidad, el otro. Este esfuerzo se plasma en la curiosidad universal, el rigor, la claridad conceptual y la contrastación empírica de nuestras representaciones. En la medida en que estos ideales se realizan parcial y localmente, hablamos de ciencia. En la medida en que sólo se dan como aspiración todavía no realizada, hablamos de filosofía. Pero sólo en su conjunción alcanza la aventura intelectual humana su más jugosa plenitud.

Jesús Mosterín, *Ciencia, filosofía y racionalidad*, p. 24.

Posibles relaciones entre las ciencias naturales y la Tdc

Las ciencias naturales			
Áreas de conocimiento		Formas de conocimiento	
La ética	¿Qué consideraciones morales debería tener un científico?	La razón	¿Son las ciencias cuestión de hechos o de razonamientos?
La religión	¿Es lo mismo tener fe en la ciencia que en la religión?	La imaginación	¿Tiene algún papel la imaginación en el trabajo de los científicos?
Las ciencias humanas	¿Qué distingue a las ciencias humanas de la naturales?	La emoción	¿Puede desarrollarse la investigación científica sin influencias emocionales?
El arte	¿Puede el arte reflejar claramente una verdad científica?	La percepción	¿Influye el marco teórico en las percepciones?
La historia	¿Cómo afecta el desarrollo histórico de una ciencia a sus estado presente?	El lenguaje	¿Qué caracteriza a los juicios y términos empíricos en las ciencias naturales?