

2021

**NATURALEZA DE LA CIENCIA Y
METODOLOGÍA CIENTÍFICA**

Isabel María Cruz Lorite

Carolina Martín Gámez

Apuntes de la asignatura Didáctica de las
Ciencias de la Naturaleza del Grado en
Educación Infantil de la Universidad de
Málaga

Contenido

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. LA CIENCIA Y SU CLASIFICACIÓN | 2 |
| 1.1. Clasificación de las ciencias | 2 |
| 1.1.1. <i>Ciencias empíricas o factuales</i> | 2 |
| 1.1.2. <i>Ciencias no empíricas o formales</i> | 3 |
| 2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES..... | 3 |
| 2.1. Inferencia | 3 |
| 2.1.1. <i>Deducción e inducción</i> | 4 |
| 3. CONCEPCIONES DE LA CIENCIA | 5 |
| 3.1. Concepción positivista | 5 |
| 3.2. Concepción falsacionista | 6 |
| 3.3. Concepción absolutista | 8 |
| 3.4. Concepciones culturales diferentes | 8 |
| 4. LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA | 9 |
| 4.1. Duda o problema | 10 |
| 4.2. Observación, reflexión, pregunta e inferencia | 10 |
| 4.2.1. <i>Observación</i> | 10 |
| 4.2.2. <i>Reflexión</i> | 11 |
| 4.2.3. <i>Pregunta</i> | 11 |
| 4.2.4. <i>Inferencia</i> | 11 |
| 4.3. Búsqueda de información | 12 |
| 4.4. Hipótesis | 12 |
| 4.5. Experimentación y razonamiento lógico | 14 |
| 4.6. Ejecución de los experimentos: obtención de resultados..... | 16 |
| 4.7. Interpretación de los resultados | 16 |
| 4.8. Primera conclusión | 16 |
| 4.9. Contraste..... | 17 |
| 4.10. Comunicación y conclusiones finales..... | 17 |
| 5. HIPÓTESIS, LEYES Y TEORÍAS | 18 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 20 |

INTRODUCCIÓN

Este documento pretende ser una guía de aspectos básicos sobre Naturaleza de la Ciencia y metodología científica para conseguir un adecuado desarrollo de las competencias establecidas en la asignatura Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza del 3.º curso del Grado en Educación Infantil de la Universidad de Málaga. Su contenido, por tanto, debe circunscribirse y entenderse en el contexto de las competencias desarrolladas en la guía docente de dicha asignatura.

1. LA CIENCIA Y SU CLASIFICACIÓN

Esta parte de la asignatura se centra en la ciencia, su filosofía, las diferentes concepciones que operan en ella y los métodos de los cuales se sirve para la construcción del conocimiento.

Sobre el concepto de «**ciencia**» existen muchas definiciones diferentes. El filósofo y naturalista británico Herbert Spencer (1820-1903) llegó a afirmar que “Nunca se puede decir: aquí empieza la Ciencia; [...]” (Spencer, 1999). La Real Academia Española¹ (RAE en adelante) (2020) define la ciencia, en su primera acepción, como un “conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente”. Si bien se trata de una definición muy general, puede servir para aproximarnos a algunos conceptos muy relevantes para las ciencias naturales, como son su **estructuración sistemática**, su **capacidad predictiva** y el necesario **sometimiento a comprobación**.

La reflexión y el conocimiento sobre la ciencia, su funcionamiento, sus bases epistemológicas y metodológicas y su impacto social son algunos de los aspectos de los que se ocupa la Filosofía de la Ciencia (Diéguez, 2020). La ocupación de filósofos y científicos en este tipo de cuestiones puede remontarse a los trabajos de Aristóteles y continúa en la actualidad.

1.1. Clasificación de las ciencias

Antes de adentrarnos en los métodos usados en las ciencias naturales, es recomendable detenerse a examinar la clasificación general que suele realizarse de las ciencias. No existe una única clasificación de las ciencias, puesto que los diferentes autores que se han ocupado de esta cuestión difieren en ciertos aspectos a la hora de realizar una clasificación general (Zenobio, 2009). No obstante, a grandes rasgos, podemos distinguir entre dos tipos de ciencias: las **ciencias empíricas o factuales** y las **ciencias no empíricas o formales**. Una idea general de dicha clasificación puede verse en la figura 1.

1.1.1. Ciencias empíricas o factuales

El término «factual» proviene de la raíz latina *factum* (hecho) y se define como “fáctico” (RAE, 2020), que a su vez significa “perteneciente o relativo a los hechos” (RAE, 2020). Las ciencias factuales pretenden explorar, describir, explicar y predecir los acontecimientos que tienen lugar en el mundo en que vivimos y, por tanto, deben confrontarse con los hechos de nuestra experiencia, y solo son aceptables si están convenientemente apoyados en una base empírica, es decir, experiencial (Hempel, 1979). Según Hempel (1979), este apoyo empírico puede obtenerse de diferentes

¹ Para explicar ciertos conceptos se ha optado por exponer, en primer lugar, la definición de los mismos ofrecida por la Real Academia de la Lengua Española, por resultar más familiares y cotidianos y suponer una buena introducción a las definiciones manejadas en el ámbito científico.

maneras: experimentación, observación sistemática, entrevistas o estudios, pruebas psicológicas o clínicas, examen cuidadoso de documentos, inscripciones, restos arqueológicos, etcétera. El objeto de estudio de estas ciencias es la realidad física y natural, objetos que únicamente podemos conocer a través de nuestros sentidos. Estas ciencias utilizan el método hipotético-deductivo.

Comúnmente, estas ciencias son divididas en ciencias naturales y ciencias sociales, aunque no existe un acuerdo general sobre dónde deberían estar incluidas algunas ciencias dentro de estos dos tipos. Por ejemplo, la psicología se incluye a veces dentro de las ciencias naturales y otras dentro de las ciencias sociales.

1.1.2. Ciencias no empíricas o formales

Su objeto de estudio no es la realidad física y natural, sino formas abstractas y vacías de contenido, pero sus conocimientos pueden ser aplicados a dicha realidad físico-natural. Es decir, estudian objetos ideales, creados por las personas, existen en nuestra mente (p. ej. las formas geométricas). Sus proposiciones se demuestran sin referencia esencial a los datos empíricos (Hempel, 1979). Estas ciencias emplean el método deductivo o axiomático-deductivo.

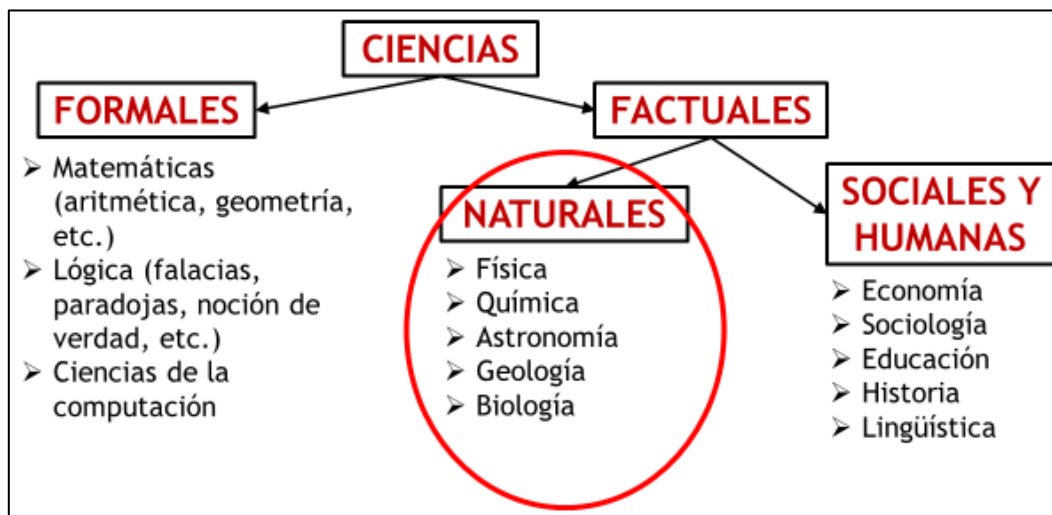


Figura 1. Clasificación general de las ciencias. Se resaltan las ciencias naturales, tema central de esta asignatura. Fuente: elaboración propia.

2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

2.1. Inferencia

En la ciencia, como actividad intelectual, se realizan razonamientos e inferencias, es decir, se obtienen conclusiones a partir de determinadas premisas (Diéguez, 2020).

Según la RAE (2020) se define «inferir» como “deducir algo o sacarlo como conclusión de otra cosa”. Se trata de un proceso mental del cual se hace uso durante todo el proceso de investigación científica. Si en una investigación obtuviésemos datos realizando observaciones, por ejemplo, en el medio natural, podríamos inferir de ellos

determinadas cuestiones. Asimismo, si realizásemos experimentos, por ejemplo, en un laboratorio, los datos que obtuviésemos de esos experimentos también nos llevarían a inferir determinadas cuestiones. Las científicas y los científicos hacen inferencias para dar respuestas a fenómenos naturales, el fin último de la investigación científica.

Las inferencias realizadas pueden variar en función de muchos factores, como la persona que las realiza. Si escuchásemos, por ejemplo, un ruido en mitad de la noche podríamos inferir que es nuestra mascota, algún familiar que se ha levantado, algún grifo mal cerrado o incluso un fantasma (si creemos en ellos). Son simplemente interpretaciones de los datos (ruido que no cesa, con una determinada frecuencia, agudo o grave, con periodos más intensos de vez en cuando, etcétera; todos estos son datos que podríamos sacar) que obtenemos de las observaciones (ruido extraño en mitad de la noche que estamos examinando atentamente). Las inferencias siempre deben estar basadas en **evidencias**, que se definen como “certeza clara y manifiesta de la que no se puede dudar” (RAE, 2020). En el caso del ruido misterioso, tenemos la certeza (evidencia) de que oímos el ruido. Aunque puedan existir varias inferencias de los mismos datos, no todas se pueden basar en evidencias. Siguiendo con el ejemplo anterior, podríamos caer en la cuenta de que estamos solas en casa en ese momento y, por tanto, la inferencia sobre que un familiar se ha levantado de la cama, no sería válida a la luz de las evidencias disponibles. De igual modo, a veces no existe una respuesta única, aunque todas las inferencias se basen en evidencias. Lo que sí está claro es que las inferencias determinarán, inexorablemente, nuestras hipótesis (ver apartado 4.4). Las dos formas básicas que toman las inferencias son **la deducción y la inducción**.

2.1.1. Deducción e inducción

La **deducción** es aquel modo de inferencia en el que la conclusión se sigue demostrativamente de las premisas, de tal modo que no es posible que sean verdaderas las premisas y que al mismo tiempo sea falsa la conclusión (Diéguez, 2020). Un ejemplo de este tipo de razonamiento sería:

Todos los perros son mamíferos
Todos los mamíferos tienen la sangre caliente
----- [por tanto]
Todos los perros tienen la sangre caliente

La **inducción**, por el contrario, sería aquel modo de inferencia en el que la conclusión no se sigue demostrativamente de las premisas, sino que solo obtiene de ellas un cierto grado de apoyo o fundamentación (Diéguez, 2020). Un ejemplo de este tipo de inferencia sería:

La gaviota 1 es blanca
La gaviota 2 es blanca
La gaviota 3 es blanca
...

La gaviota n es blanca
 _____ [por tanto]
 Todas las gaviotas son blancas

De forma general, aunque precisaríamos matizaciones, el **inductivismo** sería el método científico que concibe que el conocimiento se elabora de lo particular a lo general. La construcción del conocimiento comenzaría con observaciones puntuales y, a través de dichas observaciones puntuales, podemos llegar a realizar observaciones generales. A la conclusión que obtenemos de una observación puntual la llamaremos **enunciado observacional singular**, mientras que a la conclusión obtenida de un número elevado de observaciones puntuales la llamaremos **enunciado observacional general**.

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| La gaviota 1 es blanca | [enunciado observacional particular] |
| La gaviota 2 es blanca | [enunciado observacional particular] |
| La gaviota 3 es blanca | [enunciado observacional particular] |
| ... | |
| La gaviota n es blanca | [enunciado observacional particular] |
| _____ [por tanto] | |
| Todas las gaviotas son blancas | [enunciado observacional general] |

3. CONCEPCIONES DE LA CIENCIA

A lo largo de la historia de la ciencia han operado diferentes concepciones sobre esta, es decir, diferentes visiones acerca de qué es y cómo debe construirse el conocimiento científico. Los científicos y las científicas han mantenido y mantienen una concepción determinada sobre su actividad científica y de la ciencia como forma de conocimiento. A continuación, se exponen algunas de las concepciones más influyentes que han operado a lo largo de la historia, y que siguen operando actualmente.

3.1. Concepción positivista

Tiene su origen en la obra del filósofo francés Auguste Comte (1798-1857). Esta concepción parte de la idea de que la ciencia construye conocimiento atendiendo únicamente a los hechos y, una vez bien establecidos estos, el científico debe únicamente observarlos con atención e inferir (ver apartado 2.1) de ellos teorías que los expliquen, las cuales a su vez quedarán verificadas si encuentran nuevos hechos que las apoyen (Diéguez, 2020). Esta concepción presenta una fuerte influencia del inductivismo (ver apartado 2.1.1). De esta forma, la única manera de crear conocimiento sería mediante la observación de hechos en repetidas y diferentes circunstancias que nos permitiesen extraer generalizaciones. Las tesis fundamentales asociadas al positivismo, según Atencia (1991), son:

- a) La ciencia es el único conocimiento válido.
- b) Proporciona un pensamiento puramente descriptivo.
- c) Debe extenderse a todos los campos del saber, incluyendo al ser humano.

3.2. Concepción falsacionista

El falsacionismo tiene como principal figura a Karl Raimund Popper (1902-1994), filósofo y profesor de origen austriaco. Diéguez (2020) explica que Popper pensaba que no existe un aprendizaje por inducción propiamente dicho, sino que avanzamos en nuestros conocimientos mediante un proceso de ensayo y error, es decir, mediante un aprendizaje a partir de los errores cometidos. Este mismo autor explica la crítica de Popper al inductivismo:

“[según Popper] toda investigación comienza siempre con un problema a resolver, con una pregunta, y no con un conjunto de observaciones o de datos. El científico no entra en el laboratorio o sale al campo con el ánimo de observar o de realizar experimentos para recopilar información con la que poder formar luego una hipótesis. Cuando realiza observaciones o experimentos lo hace para dar respuesta a un problema que ya tiene previamente planteado, y las observaciones o experimentos están guiados por alguna teoría.” (Diéguez, 2020).

Mellado y Carracedo (1993) explican, sobre la concepción de progreso científico de Popper, lo siguiente:

“El falsacionismo de Popper (1983) considera que una teoría científica se rechaza por falsación cuando se encuentra un experimento crucial que la contradice. El progreso científico se produciría por el repetido derrocamiento por falsación de las teorías y su reemplazo temporal por otras más satisfactorias. Es decir, en palabras de Popper, la ciencia crece por sucesivas conjeturas y refutaciones.” (Mellado y Carracedo, 1993).

Desde la concepción falsacionista se considera que es imposible comprobar un número infinito de sucesos. Por ello, se plantea otra perspectiva distinta a la planteada por el inductivismo. Si **no podemos comprobar un número infinito de sucesos** para confirmar una ley, lo que quizá **sí podamos confirmar es que no existe ningún hecho u observación que la contradiga.**

En este sentido, para demostrar un enunciado planteado desde el punto de vista inductivista, como: **todos los objetos terrestres caen sobre la superficie de la Tierra con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$** , tendríamos que probar con multitud de objetos y, si todos caen con esa aceleración, la acumulación de evidencia nos permitiría aceptar el enunciado, quedando del siguiente modo: **todos los objetos terrestres caen sobre la superficie de la Tierra con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$, puesto que es la aceleración experimentada por todos los objetos con los que se ha comprobado.** Pero, aplicando la lógica falsacionista, es imposible comprobar todos los objetos de la Tierra y ver si, efectivamente, son atraídos por la gravedad terrestre con esa aceleración. Por ello, el falsacionismo plantea un cambio de perspectiva, según la cual el enunciado quedaría del siguiente modo: **todos los objetos terrestres caen sobre la superficie de la Tierra con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$, puesto que no se ha observado ningún objeto terrestre que no caiga sobre la superficie de la Tierra con esa aceleración.** En este último caso, la

demostración del enunciado se produce si no se encuentra ningún objeto terrestre que no caiga con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$ sobre su superficie. Dicho de otro modo, para refutar dicho enunciado habría que encontrar un objeto que caiga sobre la superficie terrestre con una aceleración distinta².

Por tanto, el falsacionismo plantea que los enunciados científicos deben ser **falsables**, es decir, que **exista la posibilidad de que puedan ser contradichos**; esto es, que se pueda estudiar la existencia de la hipótesis contraria a la hipótesis defendida. En el caso del ejemplo anterior, la hipótesis de que **todos los objetos terrestres caen sobre la superficie de la Tierra con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$** es falsable, porque una persona podría comenzar una investigación para encontrar un caso que apoye la hipótesis contraria, que sería que no todos los objetos caen con esa aceleración. Otra cuestión distinta es que lo encuentre o no, pero es una hipótesis que **podría ser investigada, puesto que plantea casos lógicamente posibles**, como que se encontrase un objeto que, al caer sobre la superficie terrestre, experimentase una aceleración de $9,78 \text{ m/s}^2$ (ver nota al pie). En resumen, consideramos que un enunciado es falsable cuando puede someterse a pruebas experimentales.

Podríamos resumir el cambio promovido por el pensamiento popperiano en que, antes de Popper, la actividad científica se volcaba conscientemente en la acumulación de pruebas a favor de una teoría y no en la búsqueda de su refutación (El País, 1989). A continuación, se exponen algunos ejemplos más de enunciados falsables y no falsables:

- *Es posible que mañana gane la lotería.* No es falsable, puesto que dicho enunciado es cierto en todos los casos y no existe posibilidad de refutación. Tanto si gano la lotería como si no, dicho enunciado se cumplirá mañana.
- *Todos los perros maúllan.* Es falsable, puesto que este enunciado puede ser sometido a pruebas empíricas. Otra cuestión es que se encuentre un perro que maúlle o no. De hecho, este enunciado es falso.
- *Todos los puntos de una circunferencia están a la misma distancia del centro.* No es falsable, puesto que eso es una circunferencia por definición. Es imposible hallar una circunferencia cuyos puntos no estén todos a la misma distancia del centro, porque se trataría de otra figura geométrica distinta de la circunferencia. Que un enunciado no sea falsable no quiere decir que sea falso. De hecho, este enunciado es verdadero.
- *Todas las gaviotas son blancas.* Es falsable, puesto que este enunciado puede ser sometido a pruebas empíricas.

² De hecho, la aceleración que experimenta un objeto al caer sobre la superficie terrestre varía en función de ciertos parámetros, como la altura a la que se encuentre el objeto sobre la superficie terrestre o la densidad de los materiales ubicados bajo el punto de la superficie terrestre en el que se encuentre. Por ejemplo, el valor de g (aceleración de la gravedad) en el ecuador y en los polos terrestres es $9,87 \text{ m/s}^2$ y $9,8322 \text{ m/s}^2$, respectivamente (ver Marqués, 2020).

- *Todos los planetas orbitan alrededor del Sol con órbitas elípticas.* Es falsable, puesto que podemos imaginar un caso que refute dicho enunciado, un planeta que no orbite con trayectoria elíptica alrededor del Sol. De hecho, este enunciado es falso.

3.3. Concepción absolutista

La concepción absolutista de la ciencia plantea que la ciencia puede llegar a todo (Escrivà y Rivero, 2016). Recoge las tradiciones positivistas para las cuales el conocimiento científico es verdadero, universal y ahistórico (Zabalegui y Fabro, 2018); es el saber más importante (Méndez, 2000) e incuestionable (Fernández, 2009). También es una característica de las concepciones absolutistas el absolutismo metodológico, es decir, el pensamiento de la existencia de un único y potente método para acceder al conocimiento científico (Raviolo, Ramírez, López y Aguilar, 2010). Las tesis absolutistas plantearían, además, que la ciencia seguiría de un proceso acumulativo de desarrollo, en el que las teorías, una vez confirmadas en grado suficiente, van quedando como sedimento permanente sobre el que se edifican otras teorías posteriores (Diéguez, 2020).

Existe muchos ejemplos que ponen en duda esta visión absolutista de la ciencia. Uno de ellos sería cuando se observan hechos o se realizan mediciones que no pueden explicarse con el conocimiento vigente. Muchas personas piensan que dichas observaciones deben haber sido mal realizadas. Efectivamente, a veces se acaba comprobando que se trataba de hechos mal descritos o mediciones mal realizadas, pero en otras ocasiones son observaciones obtenidas con técnicas e instrumentos más avanzados, exactos y precisos, con los que cabe más duda acerca de que se trate de un error. Puede que esos datos para los cuales ahora no tenemos explicación puedan ser explicados en un futuro a la luz de nuevos descubrimientos o cambios en los paradigmas imperantes, como ya ha sucedido innumerables veces a lo largo de la historia.

3.4. Concepciones culturales diferentes

La ciencia la hacen las personas y las personas tenemos un entorno cultural concreto que determina nuestra forma de ver e interpretar el mundo. Los valores, costumbres, comportamientos y, en definitiva, el sistema social, político y económico en el que nos encontremos constituyen factores determinantes en nuestras vidas e, inexorablemente, también en la investigación científica. Estas diferencias a la hora de concebir el mundo que nos rodea pueden verse reflejadas también en el uso que se realiza del conocimiento científico. Un buen ejemplo es la crisis producida por la COVID-19. A pesar de que existe cierto conocimiento científico con gran consenso entre la comunidad científica (figura 2), los gobiernos de los distintos países afectados han tomado medidas muy diferentes (ABC, 2020).

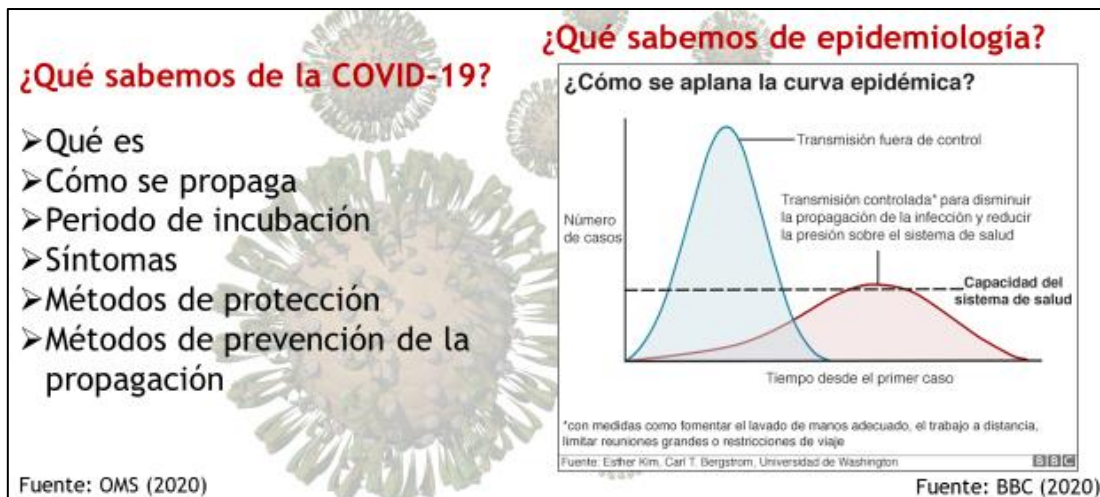


Figura 2. Conocimiento científico acerca de virus y pandemias. Fuente: elaboración propia con información de la OMS (2020) y BBC (2020).

4. LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA

No existe una única metodología científica. Como apunta Diéguez (2020), no se ha conseguido determinar ningún procedimiento útil y al mismo tiempo lo suficientemente general como para que pueda identificarse con el método científico. Según Vergara (2012) la metodología científica suele presentarse como un conjunto de reglas o etapas a seguir correlativamente resaltando el tratamiento cuantitativo y olvidando todo lo que supone creatividad, invención o tratamiento de problemas. Si bien es cierto que la metodología científica no puede definirse solo como un conjunto de reglas que seguir de forma correlativa e inamovible, en esta asignatura consensuaremos un esquema general (figura 3) que nos permita distinguir aquellos aspectos más importantes que la conforman en relación a las ciencias naturales.

La ciencia establece teorías y leyes con base en observaciones o experimentos replicables cuyos resultados sean contrastables y el método científico persigue minimizar los errores asociados a las prácticas humanas. Dos de las cuestiones más importantes para asegurar esta minimización son la **falsabilidad** (dado que si un enunciado no es falsable no podría existir la posibilidad de refutarlo) y la **replicabilidad** (que otras personas puedan repetir exactamente el mismo proceso realizado en una investigación y comprobar si los resultados son los mismos). Este método, como se ha mencionado, minimiza el error y nos permite construir conocimiento útil para comprender el mundo que nos rodea, pero no lo elimina.

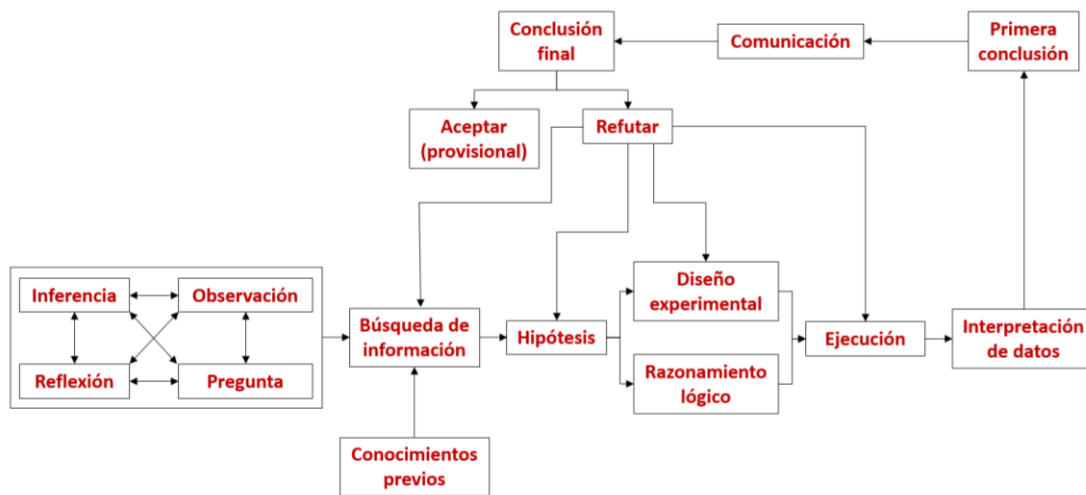


Figura 3. Esquema de metodología científica general. Fuente: Elaboración propia.

4.1. Duda o problema

La RAE (2020) define «duda» como “suspensión o indeterminación del ánimo entre dos juicios o dos decisiones, o bien de un hecho o una noticia”, y «problema» como “cuestión que se trata de aclarar”. En el contexto de la metodología científica, la duda o problema sería una situación, hecho u observación para la cual no tenemos explicación. Esa imposibilidad de explicar dicha situación, hecho u observación es a la que denominaríamos duda o problema y se trata del primer paso de toda investigación científica. Por ejemplo, una médica podría notar que todos los pacientes ingresados en la 2.ª planta del hospital en el que trabaja presentan náuseas a partir de un determinado momento, todos a la vez; no obstante, el resto de pacientes de otras plantas no presentan dichos síntomas. Esta sería una situación alejada de lo ordinario y suscitaría dudas y plantearía un problema al personal médico del hospital.

4.2. Observación, reflexión, pregunta e inferencia

Tras la duda pueden suceder varios procesos y no en todos los casos se puede asegurar que sigan un orden y tengan una duración determinada. Estos procesos tampoco se ciñen de forma exclusiva a los primeros pasos de una investigación científica, sino que se producen a lo largo de toda la investigación. No obstante, tienen especial relevancia al inicio de cualquier investigación científica, puesto que, al enfrentarse el investigador o investigadora a una situación novedosa, es de suma importancia dedicar tiempo a la observación y la reflexión sobre el punto de partida, ya que esto condicionará las inferencias realizadas y las preguntas formuladas durante el curso de la misma. Algunos conceptos clave que habría que tener en cuenta tras la aparición de una duda o problema son:

4.2.1. Observación

La RAE (2020) define «observar» como “examinar atentamente”. No debe pensarse que este proceso se limita solo al sentido de la vista, sino que puede realizarse con otros

sentidos. Por ejemplo, cuando oímos un ruido en medio de la noche y no sabemos qué lo puede estar produciendo, examinamos atentamente la situación concentrándonos en nuestro sentido del oído. La observación es, en definitiva, la obtención de datos a través de los sentidos o de métodos que nos permitan percibir lo que, dadas nuestras limitaciones, no podemos. Un ejemplo de esto último serían instrumentos como el microscopio o el telescopio, que nos permiten observar cosas tan pequeñas o tan lejanas, respectivamente, que nuestro ojo es incapaz de percibir.

No obstante, no debe confundirse la observación ordinaria, en la que se realizan percepciones casuales y ocasionales³, comprobando los hechos tal y como se presentan espontáneamente (como un ruido en mitad de la noche) con la observación científica, que utiliza hipótesis expresas y manifiestas, es decir, con intencionalidad de buscar una relación entre dos o más variables (Ramírez, 2014).

4.2.2. Reflexión

Se trata de un término de uso común que no precisa de una gran explicación, pero la RAE (2020) define «reflexionar» como “pensar atenta y detenidamente sobre algo”. La reflexión es un proceso mental que se realiza durante toda la investigación, desde la duda o problema hasta la comunicación de la misma.

4.2.3. Pregunta

La RAE (2020) define «pregunta» como “interrogación que se hace para que alguien responda lo que se sabe de un negocio u otra cosa”. En el contexto de la metodología científica, la pregunta sería la formulación en nuestro pensamiento, o la expresión de forma oral o escrita, interrogativamente de una duda o un problema.

Por ejemplo, en el caso que se comentó anteriormente, una médica podría hacerse la siguiente pregunta: ¿por qué todos los pacientes de la 2.^a planta del hospital han manifestado a la vez náuseas? Esta pregunta es a la que la médica quiere responder y expresa la duda o el problema que quiere resolver. Es muy importante formular la pregunta de forma adecuada, puesto que condicionará el desarrollo posterior de la investigación. Por ejemplo, ante la duda o problema de esta médica, no habría tenido sentido realizarse la siguiente pregunta: ¿por qué las náuseas provocan vómitos?, puesto que, aunque respondiésemos a esta pregunta, eso no resolvería la duda o problema inicial.

4.2.4. Inferencia

En los primeros estadios de una investigación se producen procesos de inferencia (ver apartado 2.1) que determinarán el resto de la investigación. Siguiendo el ejemplo anterior, la médica podría inferir que la aparición de náuseas solo en pacientes de la 2.^a planta del hospital puede estar relacionada con la alimentación de estos, o podría

³ Aunque en la ciencia en ocasiones también se producen hallazgos de manera accidental o casual. Estas situaciones reciben el nombre de serendipia (RAE, 2020).

pensar que tiene que ver con el sistema de ventilación. En función de si realiza una u otra, su investigación se encaminará en un sentido (estudiar los menús del hospital) u otro (estudiar el sistema de ventilación).

Otro ejemplo podría ser que una investigadora observa que en verano las personas están más morenas que en otras estaciones de año e infiere que esto puede estar motivado por la mayor exposición a los rayos solares. A partir de ahí podría continuar su investigación para demostrar esa idea. No obstante, otra investigadora podría inferir que la causa de que estemos más morenos en verano es que comemos más helados y su investigación iría por un camino muy distinto al de la otra investigadora.

En conclusión, las inferencias que realicemos de los datos de los que disponemos determinarán el resto de la investigación.

4.3. Búsqueda de información

Antes de comenzar una investigación es imprescindible realizar una búsqueda de información. Cuando tenemos una pregunta, lo más usual es buscar una respuesta y en ocasiones dicha respuesta ya existe. Por ejemplo, en el caso de que alguien se preguntase por qué las personas están más morenas en verano no sería necesario que comenzase una investigación científica para dar respuesta a su pregunta, puesto que dicha pregunta ya ha sido investigada y tiene respuesta. En caso de que diésemos con una pregunta para la cual aún no existe respuesta podríamos comenzar una investigación científica.

Pero la búsqueda de información no solo se da en este estadio, sino que es fundamental durante toda la investigación científica. Por ejemplo, tras formular la pregunta y establecer una hipótesis (ver apartado 4.4), el siguiente paso sería la búsqueda de información, tanto para comprobar si dicha hipótesis ya ha sido contrastada, como para, en caso contrario, obtener información que nos ayude a guiar el resto de la investigación. Por ejemplo, necesitaríamos informarnos sobre qué otros aspectos tienen relación con las variables involucradas en nuestra hipótesis, qué se sabe del tema hasta la fecha y cómo están investigando el problema otras personas. Tras esta fase de búsqueda de información, podríamos realizar un **razonamiento lógico y/o una experimentación** (ver apartado 1.3). La búsqueda de información es vital para ambos procesos, ya que la nueva información encontrada puede ayudarnos a realizar razonamientos lógicos que nos permitan resolver la cuestión o guiarnos en el proceso del diseño experimental; podríamos encontrar experimentos que nos sean útiles, combinar varios diseños experimentales existentes o, simplemente, hallar las pistas para realizar nuestro propio diseño experimental original.

4.4. Hipótesis

Según la RAE (2020), «hipótesis» se define como “suposición de algo posible o imposible para sacar de ello una consecuencia”. Proviene del griego *hypóthesis* (*hypo* = debajo; *thésis* = posición, opinión, conclusión) y significa, literalmente, “supuesto” o “lo puesto

debajo”. Una hipótesis científica es una propuesta o afirmación contrastable empíricamente que se considera provisional y revisable a partir de nuevas experiencias (Diéguez, 2020).

En una investigación científica, **una vez formulada la pregunta de investigación es necesario plantear una hipótesis**. La hipótesis es la proposición que establece relaciones entre los datos y explica por qué se producen. Se trata de una respuesta provisional a la pregunta de investigación y constituye el enunciado que finalmente llevaremos a contraste. Según Diéguez (2020), para el falsacionismo de Popper todos los enunciados científicos, desde los más básicos ligados a la experiencia hasta las teorías generales, permanecen siempre como conjeturas que se aceptan tentativamente mientras no hayan sido refutadas por la experiencia, sin que nunca puedan ser tenidas por verdades establecidas de forma definitiva. Este mismo autor explica que las hipótesis científicas son sometidas a contrastación a partir de sus consecuencias empíricas. De ahí la importancia de que estén formuladas de manera precisa, ya que cuanto más precisión, más claramente determinables serán estas consecuencias. Para contrastar una hipótesis se derivan deductivamente las implicaciones que se piensa que tendrá la hipótesis, es decir, se realizan predicciones. Si dichas predicciones no se cumplen la hipótesis quedaría refutada, mientras que si se cumplen quedaría aceptada.

Por ejemplo, a la pregunta realizada por la médica: ¿por qué todos los pacientes de la una planta del hospital han manifestado a la vez náuseas?, podría seguirle la hipótesis: los pacientes de la 2.^a planta del hospital reciben una dieta diferente a la del resto de pacientes y algún alimento en mal estado les ha provoca náuseas. En el otro ejemplo comentado anteriormente, una investigadora podría preguntarse: ¿por qué están las personas más morenas en verano?, y establecer la hipótesis de que las personas están más morenas en verano porque comen más helados.

A continuación, pueden verse desglosados los dos ejemplos que se vienen comentando a lo largo de este documento, para apreciar la diferencia entre los conceptos de observación, pregunta e inferencia:

Ejemplo 1

- **Observación:** una médica percibe que todas las personas de una planta de un hospital presentan de repente náuseas, pero el resto de pacientes no.
- **Pregunta:** ¿por qué todos los pacientes de la 2.^a planta del hospital tienen náuseas mientras que el resto no?
- **Inferencia:** la médica sospecha que un alimento en mal estado ha podido ser la causa.
- **Hipótesis:** un alimento en mal estado ha sido la causa de las náuseas que presentan los pacientes de la 2.^a planta del hospital.

Ejemplo 2

- **Observación:** una investigadora percibe que en verano las personas están más morenas.
- **Pregunta:** ¿por qué las personas están más morenas en verano?
- **Inferencia:** la investigadora sospecha que la mayor ingesta de helados es la causa del moreno.
- **Hipótesis:** como las personas comen más helados en verano, se ponen más morenas.

Como se comentó anteriormente, para contrastar las hipótesis planteadas en una investigación, se derivan de manera deductiva las posibles implicaciones de las mismas (hacemos predicciones) y, en función de si estas se cumplen o no, la hipótesis se aceptará o se refutará. En el ejemplo 1, una predicción podría ser que si se analizan los menús consumidos por los pacientes de la 2.ª planta del hospital estos serán distintos de los del resto de pacientes. De comprobarse que dichos menús son diferentes, esto aportaría evidencias a favor de la hipótesis de la investigadora. En el ejemplo 2, se podría predecir que si una persona no come ningún helado durante el verano no se pondrá morena. Si dijésemos a una persona que no comiese helados durante todo el verano y, aun así, se pusiese morena, esto aportaría evidencias para refutar la hipótesis de la investigadora.

4.5. Experimentación y razonamiento lógico

La RAE (2020) establece como cuarta acepción de «experimentar» “hacer operaciones destinadas a descubrir, comprobar o demostrar determinados fenómenos o principios científicos”. En la ciencia, la experimentación es un método de investigación que implica la manipulación de ciertos aspectos de un sistema real y la observación de los efectos de esta manipulación (Carpi y Egger, 2008). La experimentación se utiliza en las ciencias experimentales para poner a prueba las hipótesis. La experimentación en el contexto de la metodología científica requiere **controlar variables** y, por tanto, una intervención (Romero, Aguilar y Mejía, 2017). Una **variable** es una característica o atributo de un objeto, cosa o ser que puede ser medida u observada por la persona que investiga y que **varía** entre los objetos, cosas o seres estudiados (adaptado de Creswell, 2005). Por ejemplo: el color, el peso, la altura, el volumen, etcétera.

De acuerdo con la naturaleza de las variables, existen dos tipos:

- **Variable cualitativa:** es aquella compuesta de categorías o niveles que no pueden ser ordenadas con respecto a magnitud como, por ejemplo, sexo, religión, profesión, estado civil, etcétera.
- **Variable cuantitativa:** es aquella que puede ser ordenada con respecto a magnitud. Pueden responder a preguntas del tipo: ¿cuánto/s? Por ejemplo,

número de hijos, edad, número de ensayos en un experimento, altura, peso, temperatura, tiempo, etcétera. Las variables cuantitativas pueden ser, a su vez, continuas o discretas:

- **Continuas:** los valores de la variable están en número infinito, por ejemplo, el tiempo o la temperatura. Entre dos valores puntuales, siempre existe otro valor. La limitación en la medición se encuentra en el instrumento de medida empleado (por ejemplo, una balanza puede darnos el peso con una cifra decimal (7,8 gramos) y otra balanza puede ser más precisa y darnos dos cifras decimales (7,85 gramos).
- **Discretas:** sus valores son aislados y puntuales, y entre dos valores no existen otros valores. Por ejemplo, el número de hijos/as. Podemos tener 1 hija o 2 hijas, pero no podemos tener 1,5 hijas.

De acuerdo con los intereses u objetivos de la persona que investiga, se distinguen dos tipos de variables, dependiendo de si son las variables manipuladas o las observadas (Carpi y Egger, 2008):

- **Variable dependiente:** es cualquier aspecto observado y medido por la persona que investiga para evaluar los efectos, si los hubiese, de la variable independiente manipulada. Es cualquier aspecto que nos interese estudiar, por ejemplo, la atención del alumnado, el aprendizaje del alumnado, el crecimiento de una planta, la aparición de moho en un alimento, etcétera.
- **Variable independiente:** es cualquier variable manipulada por la persona que investiga para determinar su efecto en la variable dependiente. Por ejemplo, la estrategia didáctica (puedo dar una clase magistral o realizar un juego de rol y ver si influye en el aprendizaje del alumnado), espacio físico de docencia (puedo dar clase en el aula o en el patio y ver si influye en el aprendizaje del alumnado), la sustancia con la que riego una planta (puedo regar una planta con agua dulce o con agua salada y ver qué efectos tienen en su crecimiento), etcétera.

A continuación, se exponen dos ejemplos de experimentación en los que se identifican las variables dependientes e independientes:

Ejemplo 1

Una investigadora quiere comprobar su hipótesis sobre si comer helados es la causa de que las personas se pongan más morenas. Para ello, decide observar el tono de piel de dos personas durante un mes: una que debe comer un helado cada día y otra que no debe comer ninguno. La variable independiente de esta investigadora sería el helado, puesto que ella controla la administración del mismo (decidiendo que una de las personas participantes en el estudio no lo consumirá y la otra sí), mientras que la variable dependiente sería el tono de piel, el cual irá observando y registrando (por ejemplo, mediante fotografías) cada día del mes.

Ejemplo 2

Una investigadora del campo de la educación quiere estudiar el aprendizaje del alumnado sobre las partes de la planta (variable dependiente). Para ello, decide modificar la estrategia didáctica a utilizar (variable independiente), con intención de comprobar con cuál de ellas se obtienen mejores resultados de aprendizaje. Con un grupo realiza la visualización de dibujos animados y con otro grupo realiza una clase magistral tradicional. La variable dependiente y, por tanto, la que es objeto de estudio de la investigadora, es el aprendizaje del alumnado sobre las partes de la planta. La variable independiente, es decir, la que ella modifica, sería la estrategia didáctica a utilizar (dibujos animados o clase magistral).

No obstante, en ocasiones para descartar una hipótesis no es necesario realizar una experimentación, sino que esta puede ser descartada mediante un **razonamiento lógico**. Estos dos procesos (la experimentación y el razonamiento lógico) no son excluyentes, ya que el hecho de realizar un proceso experimental no implica que no se utilice el razonamiento lógico para resolver determinadas cuestiones. Ejemplos concretos de hipótesis refutadas mediante un razonamiento lógico, sin necesidad de experimentación, pueden verse en caso histórico de Semmelweis y la fiebre puerperal, en el que se atribuía la mayor mortalidad de parturientas por fiebre puerperal en uno de los pabellones del hospital en el que trabajaba este médico a “movimientos cósmico-telúricos”. Semmelweis refutó esta hipótesis al razonar que dichos movimientos, de producirse, afectarían también al otro pabellón.

4.6. Ejecución de los experimentos: obtención de resultados

El proceso de experimentación necesariamente tendrá como resultado una serie de datos: los resultados. Estos datos pueden ser de diversa naturaleza (cualitativos o cuantitativos) y suelen presentarse en forma de tabla, gráfica, diagrama o cualquier formato que facilite su lectura. A la hora de realizar la presentación de los resultados debe dejarse claro en qué momento se muestran o describen los datos obtenidos y en qué momento se realizan interpretaciones o inferencias (ver apartados 2.1 y 4.2.4) de esos datos.

4.7. Interpretación de los resultados

Los datos obtenidos de la experimentación deben ser interpretados para poder llegar a conclusiones que podamos contrastar con nuestra hipótesis inicial. La interpretación de los datos no deja de ser una inferencia, pero en este caso realizada a partir de datos obtenidos bajo condiciones perfectamente conocidas y controladas por la persona que realiza la investigación. Como es lógico, el proceso de interpretación de datos no está exento de verse influido por los sesgos de las personas que los interpretan. En la historia de la ciencia pueden encontrarse multitud de ocasiones en las que unos mismos datos experimentales han sido interpretados de diferente forma por distintas personas.

4.8. Primera conclusión

Una vez interpretados los datos ya estamos en disposición de emitir una conclusión. Dicha **conclusión debe ser formulada en términos comparables con la hipótesis establecida**, puesto que el objetivo final es aceptar o refutar dicha hipótesis. Así, tras realizar un experimento obligando a los estudiantes a lavarse las manos antes de examinar a las parturientas y ver que la mortalidad descendía, Semmelweis concluyó que **el lavado de manos eliminaba la materia cadavérica de las manos de los estudiantes y reducía la mortalidad por fiebre puerperal en las parturientas**. Esta conclusión puede ser comparada con su hipótesis: **la materia cadavérica que los estudiantes transportan en las manos al ir a examinar a las parturientas es la causante de las muertes de estas**.

4.9. Contraste

Una vez formulada nuestra conclusión, esta debe ser contrastada con la hipótesis inicial y existen **dos posibilidades: aceptar o rechazar nuestra hipótesis**. El rechazo de la hipótesis daría lugar a un nuevo proceso de investigación, que requeriría repetir todo el proceso anterior modificando ciertos aspectos, como: repetir la ejecución de los experimentos (pueden haberse cometido errores procedimentales), cambiar el diseño experimental (puede que nos demos cuenta de que nuestro diseño experimental tenía errores que no nos permiten contrastar nuestra hipótesis o dar respuesta a nuestra pregunta), reformular nuestra hipótesis y/o realizar una nueva búsqueda de información que nos permita plantear una hipótesis distinta. La aceptación de la hipótesis nos ofrece información muy valiosa para la solución a la pregunta realizada, pero puede que nos surjan más preguntas a raíz de dicha respuesta.

4.10. Comunicación y conclusiones finales

Una vez finalizada la investigación es importante comunicar nuestros resultados, tanto si estos confirman nuestra hipótesis como si no. Al comunicar nuestra investigación otras personas pueden analizar todo el proceso realizado y estudiar la adecuación de todos los pasos seguidos en la misma, desde la duda o problema planteado hasta la formulación de las conclusiones. Esto permite que nuestra investigación pueda ser **replicada**, siendo este uno de los procesos clave de la ciencia. Otra persona podría repetir la misma investigación y obtener los mismos resultados u obtener resultados distintos. La comunicación repetida de estudios que apoyen nuestra hipótesis permitirá a otras personas conocer los nuevos avances científicos y poder continuar sus propias investigaciones a partir de estos. Asimismo, la comunicación de estudios que refuten nuestra hipótesis es igual de importante, puesto que otras personas pueden estar investigando en el mismo sentido y les sería de utilidad conocer los resultados de dichos estudios para buscar nuevas líneas de investigación. Así, tras la replicación llevada a cabo por diferentes personas en múltiples y diversas circunstancias, es como se consigue rechazar o aceptar de forma provisional una hipótesis y establecer cierto conocimiento científico.

5. HIPÓTESIS, LEYES Y TEORÍAS

Existe mucha confusión con el significado de los términos «hipótesis», «ley» y «teoría» aplicados al ámbito científico. Esta confusión viene motivada, en parte, por el uso cotidiano que hacemos de estos términos y por el hecho de que ni siquiera en la comunidad científica existe acuerdo sobre la definición precisa de estos conceptos. De hecho, muchos científicos utilizan los términos hipótesis y teoría de forma intercambiable (para ampliar esta información ver Carpi y Egger, 2009). Muchas personas piensan que estos conceptos guardan una relación jerárquica en la ciencia, es decir, que el conocimiento científico comenzaría teniendo el estatus de hipótesis, tras obtener mayor confirmación sería una teoría y, con mayor confirmación aún, pasaría a ser una ley. No obstante, esta idea es errónea. La diferencia entre dichos conceptos no es jerárquica, sino que radica en su naturaleza epistemológica.

Ya se ha definido lo que es una hipótesis científica (ver apartado 4.4). Diremos, brevemente, que se trata de un enunciado con el que se pretende establecer relaciones entre los datos y explicar por qué se producen. Se trata de una respuesta provisional a un problema planteado. Las hipótesis pueden ser modificadas, por ejemplo, cuando refutamos una hipótesis en una investigación y debemos cambiarla para seguir investigando.

La primera acepción de «ley» establecida por la RAE (2020) es “regla fija a la que está sometido un fenómeno de la naturaleza”. Una ley científica es un “enunciado de propiedades o de sus relaciones, deducidas de datos observados o calculados, concernientes a un fenómeno, y capaz de ser expresado, por lo general, matemáticamente; se trata de un postulado universal que se basa en el método científico y que puede comprobarse de forma empírica (Pislaru, 2018). Es, a fin de cuentas, una forma de generalizar un determinado fenómeno que ocurre en la naturaleza. Por tanto, una ley científica proviene (al menos en su inicio) de la observación repetida de un mismo hecho, es decir, de una inducción (ver apartado 2.1.2). Una ley también podría definirse como una verdad factual que es espaciotemporalmente universal (Gómez, s.f.). Las leyes también son susceptibles de cambio a la luz de nuevas evidencias. Por ejemplo, antiguamente se pensaba que la vida surgía por generación espontánea, pero descubrimientos posteriores llevaron a rechazar esta idea (Petralanda, 2020).

Por último, el concepto de «teoría» ha sido definido por muchos autores. Aunque se trata de una cuestión que aún se encuentra en debate, una buena aproximación a su definición podría ser la de que una teoría es una generalización o conjunto de generalizaciones que pretende hacer referencia a entidades inobservables (Diéguez, 2020). Por ejemplo, la teoría de la evolución establece que todos los seres vivos provienen de un ancestro común y que determinados mecanismos naturales han propiciado la evolución de diferentes especies a lo largo de la historia de la Tierra. Dichos

mecanismos evolutivos no pueden ser observados a corto o medio plazo; los seres vivos no evolucionan como los *pokémon*, sino que los procesos evolutivos se dan en escalas de cientos de miles de años. Por tanto, los enunciados generales expuestos por esta teoría son el producto de un ejercicio de creatividad, en este caso de científicos como Charles Darwin, quién planteó la idea de la evolución biológica a través de la selección natural. No obstante, el hecho de que de forma cotidiana se entienda por teoría a todo aquello que está muy alejado de la práctica, no debe llevarnos a la malinterpretación del uso del término «teoría científica» como algo que no se puede saber con seguridad y que carece de toda prueba (Diéguez, 2020). Las teorías científicas adquieren tal denominación tras ser expuestas a multitud de comprobaciones y acumular gran cantidad de evidencia científica. En el caso de la teoría de la evolución, esta ha sido constatada en numerosas y diversas circunstancias y con una gran variedad de métodos; además, se encuentra basada en evidencias: registros fósiles, análisis de materiales mediante pruebas como la del carbono 14, análisis genéticos, etcétera. Las teorías científicas suelen tener muchas líneas de evidencia y falsarlas y que, finalmente, sean sustituidas por otras, es difícil (Petalanda, 2020). No obstante, las teorías, como todo en la ciencia, siempre son susceptibles de revisión, modificación e incluso de sustitución por otras teorías que consigan explicar mejor los hechos y mayor cantidad de los mismos. Un ejemplo podría ser la sustitución del modelo geocentrista de Ptolomeo por el modelo heliocentrista de Copérnico, que explicaba mejor los movimientos de los astros observables desde la Tierra y otros hechos que el modelo ptolemaico no podía explicar.

Una vez definidos los términos «hipótesis», «ley» y «teoría», podrá notarse que su naturaleza y alcance no son los mismos. Una teoría consta de un conjunto de conceptos y generalizaciones que pretenden explicar las leyes generales que rigen la naturaleza y pueden incluir muchas leyes e hipótesis. Las hipótesis podrían ser enunciados concretos que se van contrastando para verificar o rechazar diferentes aspectos de dicha teoría. Siguiendo con el ejemplo anterior, en sus viajes Darwin pudo observar una serie de características comunes en diferentes especies vivas y en fósiles de especies ya extintas. Su observación repetida y continuada de dichas similitudes terminó siendo generalizada y formulada en forma de ley, conocida como la ley de Sucesión (Spotorno, 2012). La teoría de la evolución planteada por Darwin pretende explicar la existencia de dichas semejanzas planteando la existencia de ancestros comunes. Dicha idea debe ser apoyada por evidencia científica y para ello se plantean diferentes hipótesis que deben ser confirmadas. Por ejemplo, el análisis genético de las especies revelará una ascendencia compartida con un cierto grado de parentesco entre las diferentes especies. Esta hipótesis ha sido aceptada tras la realización de numerosas y diversas investigaciones a lo largo de la historia reciente.

A modo de resumen, las hipótesis, las teorías y las leyes no plantean un recorrido unidireccional y jerárquico desde las primeras a las últimas, siendo las leyes la

culminación de la construcción de un conocimiento científico válido; sino que las tres representan diferentes papeles en la labor científica y en la construcción del conocimiento científico.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atencia, J. M. (1991). Positivismo y neopositivismo. *Anales del Seminario de Metafísica*, 25, 143-154. Recuperado de <https://revistas.ucm.es/index.php/ASEM/article/view/ASEM9191110143A/17774>.
- Carpi, A. y Egger, A. E. (2008). La experimentación en la investigación científica. *Visionlearning*, 1(7). Recuperado de <https://www.visionlearning.com/es/library/Proceso-de-la-Ciencia/49/La-Experimentaci%C3%B3n-en-la-Investigacion-Cient%C3%ADfica/150>.
- Carpi, A. y Egger, A. E. (2009). Teoría, hipótesis y leyes. *Visionlearning*, 2(9). Recuperado de <https://www.visionlearning.com/es/library/Proceso-de-la-Ciencia/49/Teor%C3%ADa-Hip%C3%B3tesis-y-Leyes/177>.
- Coronavirus: ¿qué es “aplanar la curva” y por qué es tan importante para “retrasar y contener” la propagación del covid-19? (12 de marzo de 2020). BBC. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51835806#:~:text=Otro%20que%20circula%20en%20las,un%20fuerte%20aumento%20al%20principio>.
- Creswell, J. (2005). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Upper Saddle River: Pearson Education.
- Diéguez, A. (2020). *Filosofía de la Ciencia. Ciencia, racionalidad y realidad*. Málaga: UMA editorial.
- Escrivà, I. y Rivero, A. (2016). Progresión de las ideas de los futuros maestros sobre la construcción del conocimiento científico a través de mapas generados en una secuencia de actividades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 199-214. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3019>.
- Estas son las medidas que han tomado los países para frenar el contagio del coronavirus entre sus ciudadanos. (13 de marzo de 2020). ABC. Recuperado de https://www.abc.es/sociedad/abci-estas-medidas-tomado-paises-para-frenar-contagio-coronavirus-entre-ciudadanos-202003102328_noticia.html.
- Falsación y ‘falsabilidad’. (16 de mayo de 1989). *El País*. Recuperado de https://elpais.com/diario/1989/05/16/opinion/611272809_850215.html.
- Gómez, J. M. (s.f.). Introducción al pensamiento científico. Apuntes de la asignatura Fundamentos teóricos de ecología evolutiva de la Licenciatura en Biología (Universidad de Granada). Recuperado de https://www.ugr.es/~jmgreyes/PRESENTACIONES_PPT/02ModelosenCiencia2011.pdf.
- Hempel, C. G. (1979). *Filosofía de la Ciencia Natural*. Madrid: Alianza Editorial.
- Instituto Nacional de Formación Docente, Ministerio de Educación de la Nación. (2009). Concepciones epistemológicas y didácticas de docentes y futuros docentes de educación primaria. Análisis de un caso (289). Recuperado de <http://dgescorrientes.net/investigacion/wp-content/uploads/2015/07/FERNANDEZ-y-otros-Concepciones-epistemol%C3%B3gicas-y-did%C3%A1cticas-de-docentes-y-futuros-docentes-de-los-niveles-de-EGB-1-y-2-de-la.pdf>.

- Marqués, J. L. (2020). Gravitación universal. Apuntes de Física de 2.º de Bachillerato del bloque temático Interacción gravitatoria. Universitat de València. https://www.uv.es/jmarques/_private/Campogravitorio.pdf
- Mellado, V., y Carracedo, C. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21304>.
- Méndez, E. (2000). El desarrollo de la ciencia. Un enfoque epistemológico. *Espacio Abierto*, 4(9), 505-534. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/122/12290403.pdf>.
- National Academy of Sciences. (1998). Teaching About Evolution and the Nature of Science. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/5787.
- OMS. (2020). Recuperado de <https://www.who.int/es>.
- Petralanda, I. (19 de junio de 2020). ¿Qué diferencia hay entre hipótesis, ley y teoría en la ciencia? *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/ciencia/2020-06-19/que-diferencia-hay-entre-hipotesis-ley-y-teoria-en-la-ciencia.html>.
- Pislaru, A. (2018). Los enunciados de leyes científicas: género textual y paremia. *Paremia*, 27, 145-156. Recuperado de https://cvc.cervantes.es/lengua/paremia/pdf/027/014_pislaru.pdf.
- Rabadán, J. M. (2012). La enseñanza y aprendizaje de las ciencias mediante la indagación como factor determinante en la mejora de la calidad de los aprendizajes de los alumnos. En Guerra, F., García-Ruiz, F., González, N., Renés, P. y Castro, A. (coord.). *V Congreso Mundial de Estilos de Aprendizaje*. Santander, 27, 28 y 29 de junio de 2012.
- Ramírez, E. (2014). *Tema 4. El método observacional*. Apuntes de la asignatura Introducción a la psicología (Universidad de Jaén). Recuperado de <http://www4.ujaen.es/~eramirez/Descargas/tema4>.
- Raviolo, A., Ramírez, P., López, E. A. y Aguilar, A. (2010). Concepciones sobre el Conocimiento y los Modelos Científicos: Un Estudio Preliminar. *Formación Universitaria*, 3(5), 29-36. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062010000500005.
- Real Academia Española. (2019). *Diccionario de la lengua española*, 23.ª ed., [versión 23.3 en línea]. Recuperado de <https://dle.rae.es>.
- Romero, A. E., Aguilar, Y. y Mejía, L. S. (2017). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores. El caso de la experimentación. En A. E. Romero (Ed.), *La experimentación en la clase de ciencias. Aportes para una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquía. Recuperado de http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7034/1/RomeroAngel_2017_ExperimentacionClaseCiencias.pdf.
- Spencer, H. (1999). *Los primeros principios*. Recuperado de <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcgt5j1>.
- Spotorno, A. E. (2012). Orígenes y conexiones de las leyes de la evolución según Darwin. En A. Veloso y A. Spotorno (Eds.), *Darwin y la Evolución: avances en la Universidad de Chile*, 21-42. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261794185_Origenes_y_conexiones_de_las_leyes_de_la_evolucion_segun_Darwin.
- Zabalegui, M. F. y Fabro, A. P. (2018). Concepciones epistemológicas y didácticas de estudiantes avanzados del profesorado de educación primaria rural, en la provincia de Entre Ríos,

Argentina. *Uni-pluriversidad*, 18(2), 87-101. Recuperado de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/335088>.

Zenobio, M. (2009). La antigua tarea de ordenar y clasificar las ciencias. *Revista Universum*, 24, 206-216. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-23762009000100012>.