

EL PULSO DE LA CIENCIA¹

Alfredo Marcos

Universidad de Valladolid

RESUMEN:

En este texto se describe la ciencia como acción personal y social. En la investigación científica intervienen, pues, todas las facultades de la persona, no solo su capacidad lógica y de observación, así como muchos de los elementos de su circunstancia. El éxito de la ciencia, en términos de verdad y de utilidad, dependerá de una correcta dosificación y ritmo en la aplicación de cada una estas facultades y elementos a lo largo de las fases de la investigación. Para encontrar las dosis y los ritmos correctos hemos de contar con la razón prudencial.

PALABRAS CLAVE:

Praxis científica, razón práctica, persona, prudencia

1. INTRODUCCIÓN: LA CIENCIA COMO ACCIÓN PERSONAL

Para algunos filósofos, sobre todo en la tradición positivista, la ciencia está constituida por enunciados teóricos y observacionales, aquellos que encontramos típicamente en los artículos, informes de laboratorio y libros. La producción de estos enunciados se regiría por un supuesto método científico, basado exclusivamente en la observación y en la inferencia lógica. Esta visión de la ciencia es, cuando menos, parcial, y está actualmente superada.

La ciencia ha de ser entendida como acción humana. Se abren así nuevas dimensiones para la filosofía de la ciencia. La dimensión lingüística no queda anulada, sino integrada en una nueva perspectiva, ya que muchas de las acciones que componen la ciencia son de carácter lingüístico. Sólo que, al pensar la ciencia como acción, podemos preguntarnos también por las dimensiones morales de las acciones de los científicos, por su integración en el conjunto de la vida humana, por su sentido político, por los resortes de la creatividad científica, por los aspectos didácticos o divulgativos o estéticos de la ciencia, por el valor de sus aplicaciones, por el tipo de sociedad a la que apunta cada acción científica y por el tipo de sociedad de la que brota... Cómo se ve, un nuevo y dilatado horizonte de cuestiones².

¹ Texto publicado como capítulo en el libro: A. VILLAR y A. SÁNCHEZ (eds.), *Una ciencia humana. Libro homenaje a Camino Cañón Loyes*, UPCO, Madrid, 2014, pp. 169-182.

² Cf. A. MARCOS (2010), *Ciencia y acción. Una filosofía práctica de la ciencia*, México: FCE.

En la anterior formulación decía que la ciencia es acción humana individual y social. Ahora quiero precisar estos términos. El individuo que hace ciencia es siempre una *persona* humana, y, precisamente por serlo, está inserto en un contexto social, pues la sociabilidad pertenece a la propia naturaleza humana. No hay científicos, sino personas que hacen ciencia, del mismo modo que ya nadie habla de discapacitados, sino de personas con discapacidades. Queremos decir que hay que mirar a la persona en cuanto tal y en su integridad, y no solo a unas pocas de sus características diferenciales. Al hablar de *personas que hacen ciencia*, quiero subrayar que la ciencia es acción y producto de personas, tomadas estas de modo integral, y no solo de unas pocas capacidades o funciones de las mismas. Son capacidades de las personas el razonamiento lógico y la observación, pero, obviamente, las personas son mucho más que eso. Y la ciencia resulta de la persona en su totalidad, con todas sus (dis)capacidades, actitudes y circunstancias. Esto incluye las emociones, sentimientos, motivaciones, afectos, intereses, capacidad de atención, intuición, imaginación y memoria, sentido estético y moral, contexto social (diálogo) e histórico (tradiciones)... Alguien dirá que todas estas dimensiones personales, y por lo tanto subjetivas, son precisamente las que deben quedar a la puerta del laboratorio para que la objetividad científica no resulte dañada. No lo creo. Más bien pienso que no se puede hacer ciencia si no es desde la totalidad de la persona. Además, la integración, dosificación y equilibrio de todas estas capacidades personales se logra gracias al sentido común, o dicho en términos más filosóficos gracias a una actitud prudencial.

2. ACCIÓN PERSONAL Y OBJETIVIDAD CIENTÍFICA

Entiendo las reticencias que pueden surgir ante esta visión de la ciencia. Se puede pensar que la ciencia, transformada en una *cuestión personal*, perderá inexorablemente objetividad. Si mezclamos las emociones en la investigación científica, es posible que la objetividad sufra. Pero, por otra parte, sin emociones ni siquiera nos pondríamos a hacer ciencia. Es obvio que nadie querría dedicar su tiempo vital, su trabajo y esfuerzo, a una tarea que le resulte indiferente ¿Cómo podemos afrontar esta aparente paradoja? Propongo para ello una metáfora: veamos la actividad científica como un fenómeno pulsátil, como una especie de latido o de respiración, con fases de expansión y contracción.

En fase de diástole entra en el corazón sangre procedente de todo el organismo, mientras que la contracción o sístole deja una cantidad mínima de sangre en sus

cavidades. De modo análogo, cuando inspiramos incluimos en nuestros pulmones el aire procedente de nuestro entorno, mientras que la expiración deja en los mismos una cantidad mucho menor de gas. La ciencia también pulsa y respira, al menos metafóricamente. En ciertas fases necesita de todas las capacidades de la persona que hemos citado antes, mientras que en otras fases debe rebajar transitoriamente la presencia de algunas de ellas y centrarse prioritariamente en la inferencia lógica o en la observación. En ciertas fases, la acción científica requiere de muchos recursos exteriores, procedentes del entorno social y cultural, tomados de las más diversas tradiciones, mientras que en otras fases estos elementos externos tienen una menor presencia.

Estamos ante una cuestión de grado, no de todo o nada. Ni el corazón ni los pulmones llegan a vaciarse por completo en su funcionamiento normal y saludable. Del mismo modo, la ciencia nunca puede prescindir por completo del conjunto de las capacidades personales ni de las entradas del entorno social. Y, desde luego, la acción científica en su conjunto es acción personal y (por lo tanto) social. Estos aspectos subjetivos son perfectamente compatibles con la objetividad científica, que resulta del ritmo, dosificación, armonía y equilibrio de los pulsos en su conjunto, del mismo modo que el correcto funcionamiento de los pulmones o del corazón depende de sus ritmos y equilibrios, y no podría lograrse a base solo de contracciones o solo de expansiones.

3. LAS FASES DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

Intentemos ahora seguir con un poco más de detalle estos movimientos pulsátiles que se dan a lo largo de la actividad científica. Para ello vamos a distinguir varias fases de la misma. Lo que voy a presentar es un esquema súper-simplificado de las fases por las que pasa la actividad científica. Es tan solo uno de los posibles itinerarios que el científico puede seguir. Ni siquiera pretende representar el orden cronológico real de la investigación. Además, y en aras de la brevedad, dejaré de lado todos los ciclos de retroalimentación. Prescindo también del aspecto fractal que tiene la acción científica, es decir, cada una de las fases consta a su vez de sub-fases y posee una cierta complejidad interna. En suma, no quiero que se confunda este esquema con una exposición de un presunto método científico. Hay muchos métodos en ciencia. Cada campo de investigación tiene su propia idiosincrasia metodológica, que además varía históricamente. Por añadidura, la actividad científica no consiste principalmente en la aplicación algorítmica de alguno de estos métodos, sino que todos ellos se van creando

al tiempo que se investiga. Supongamos, pues, con todas las cautelas dichas, que la actividad científica se mueve a través de estas fases:

- (i)** Identificación y planteamiento de un problema
- (ii)** Formulación de hipótesis y elección entre las mismas
- (iii)** Identificación de los supuestos auxiliares y extracción de consecuencias empíricas
- (iv)** Observación y experimentación
- (v.i)** Verificación empírica provisional
 - (v.i.i)** Explicación y predicción
 - (v.i.ii)** Transferencia y aplicación
 - (v.i.iii)** Comunicación y enseñanza
 - (v.i.iv)** Detección o construcción y planteamiento de nuevos problemas
- (v.ii)** Falsación empírica provisional
 - (v.ii.i)** Replanteamiento del problema, de la hipótesis o de los supuestos auxiliares

4. EL PULSO DE LA CIENCIA

4.1. Identificación y planteamiento de problemas

Pensemos ahora en la primera de las fases señaladas **(i)**, la que se refiere a los problemas. La investigación científica ni siquiera daría comienzo sin ella. En esta fase son identificados –a veces contruidos- y planteados los problemas para la investigación. Es obvio que la identificación de problemas depende de nuestra capacidad de asombro y de nuestra curiosidad, así como del entorno social y de las tradiciones en las que nos hallamos insertos. Desde su inicio, pues, la actividad científica depende radicalmente de emociones y sentimientos como la curiosidad o el asombro. Depende también de contextos sociales y de tradiciones históricas. Lo que para Heródoto (484-425 a.C.) constituía un enigma digno de investigación, el ciclo del río Nilo, fue para otros muchos un simple dato de la realidad que no pedía especial explicación. Lo que en un contexto o tradición puede ser visto como problema, quizá pase inadvertido en otros. Lo que para un científico no constituye un problema, para otro sí. ¿Por qué? Quizá por una diferencia de sensibilidad estética, o social o moral. Tal vez por una diferencia de intereses. Quizá a unos les preocupa más la coherencia, la simplicidad o la elegancia, mientras que otros aprecian mejor los matices morales, ecológicos o sociales, o bien los aspectos prácticos y funcionales, o los económicos, o cualquier combinación personal de todos estos aspectos u otros. Son diferentes sensibilidades y motivaciones, condicionadas por la personalidad y circunstancias de cada persona que hace ciencia, todas ellas legítimas, todas ellas enriquecedoras a la hora de identificar y plantear problemas, todas ellas necesarias para la tarea colaborativa que es la ciencia.

Por otro lado, una misma persona puede verse a un tiempo sorprendida y atraída por diversos problemas de investigación. Y, sin embargo, es probable que tenga que decidirse, que tenga que tomar un rumbo u otro. No existe, claro está, un algoritmo que nos permita tomar estas decisiones de modo puramente mecánico o lógico. Para hacerlo se requiere la concurrencia de todas las facetas de la persona. Su imaginación, su intuición, su sensibilidad, su sentido práctico, su experiencia, le dirán cuál de los problemas identificados y sentidos como tales merece su inmediata atención, cuál de ellos se antoja inabordable, cuál podrá ser postergado ahora y retomado después en mejores circunstancias; su sentido lógico le dirá si alguno de ellos depende de la previa resolución de otro; el diálogo con colegas, a veces incluso el consejo de personas legas, así como las vivencias cotidianas y las fuentes tradicionales de sabiduría, le pueden resultar de mucha ayuda para decidirse. Todas las facetas y circunstancias de la persona entran en juego, y juegan como un equipo coordinado y equilibrado gracias al sentido común de la persona que hace ciencia.

En algún momento habrá que pasar, eso sí, de la identificación del problema al planteamiento del mismo, de un modo entendible y pertinente para la comunidad científica y la sociedad en general, con la que se comparte un fondo común de sentido, garantizado por nuestra común naturaleza humana. En este tránsito es probable que se requiera poner en juego la capacidad lógica para argumentar, las habilidades lingüísticas y retóricas para convencer, la capacidad de observación para acabar de perfilar el problema, para asegurarse, en la medida de lo posible, de su pertinencia y viabilidad. La voluntad decidida de resolución de un problema ofrece una guía, una orientación, gestada desde el inicio por una cierta sensibilidad, un objetivo al servicio del cual se ponen las capacidades lógicas y observacionales que permitirán pasar de la identificación del problema al claro y fructífero planteamiento del mismo. Aquí disminuirán su presencia las consideraciones más emocionales, estéticas o morales, especialmente en sus facetas más idiosincrásicas, pero no desaparecerán por completo en ningún momento, entre otras cosas, porque la persona que hace ciencia se dirige también a personas, dotadas de emociones e intereses tanto como de capacidad lógica y de observación.

4.2. Formulación y elección de hipótesis

Tras el planteamiento del problema comienza la búsqueda de hipótesis para abordarlo **(ii)**. Parece obvio que la producción de hipótesis dependerá críticamente de las

capacidades imaginativas de la persona. No obstante, algunos filósofos han tratado de reducir la producción de hipótesis a una inferencia o bien deductiva o bien inductiva. Incluso algunos han pensado que este paso inferencial podría ser ejecutado de modo algorítmico o mecánico. Desde principios generales o trascendentales ciertos -han pensado algunos filósofos de la tradición racionalista- se podrían inferir deductivamente las leyes científicas. Para otros -en la tradición empirista-, el principio de la inferencia ha de estar en la observación. A partir de reiteradas observaciones se podrían inferir por inducción leyes generales ciertas. Tanto en una como en otra tradición, los enunciados producidos por inferencia pierden su carácter hipotético y se presentan, ya desde el origen, como leyes ciertas. Sin embargo, hoy sabemos que los enunciados de la ciencia nunca pierden por completo su carácter hipotético, siempre les acompaña una sombra de incertidumbre y de provisionalidad, por tenue que sea, y sabemos también que en la producción de hipótesis no juegan solo la inferencia lógica y la observación, sino la entera capacidad creativa de la persona.

¿Cómo se produce este acto creativo? El cultivo de nuestra creatividad requiere acciones de todo género aconsejadas por el sentido común. Pero de las raíces últimas de la creatividad poco sabemos. El físico francés Pierre Duhem (1861-1916) comenta con ironía que quien cree que la idea brota en el científico de la nada, como por arte de magia, es como el niño que ve salir el pollo de su cascarón y le parece que se hizo en ese instante, no imagina siquiera la complejidad de un largo proceso de gestación. El científico suele preparar el terreno mediante el estudio, la meditación y el ejercicio imaginativo, la conversación, el debate, la observación, la lectura... A pesar de todo, la hipótesis -según Duhem- "germina en él sin él". Y, una vez que concibe una idea, de nuevo su "libre y laboriosa actividad debe entrar en juego" para "desarrollarla y hacerla fructificar"³. Decimos de nuestras ideas que se nos ocurren y no que "las ocurrimos", pero gestionamos libremente las condiciones en que pueden surgir. Estas condiciones implican a la totalidad de la persona y dependen, asimismo, de los contextos y tradiciones en que la persona se ubica (¡fase de inspiración!).

Los orígenes de una hipótesis científica habrá que buscarlos a veces en lugares aparentemente alejados de la ciencia, como pueden ser la formación artística de una persona o sus convicciones metafísicas o religiosas. Tomemos aquí como caso histórico el de Johannes Kepler (1571-1630). Su pugna de más de una década por resolver el

³ P. DUHEM (1914), *La Théorie Physique*, París: Marcel Rivière, 2ª. ed., p. 390-391.

problema de la trayectoria de Marte desembocó en la famosa hipótesis de la elipse. Sin las precisas observaciones de Tycho Brahe (1546-1601) no se hubiese producido este avance científico, sin la capacidad matemática y lógica de Kepler tampoco hubiera sido posible. De hecho, ambos sabían que se necesitaban mutuamente, sobre todo por este carácter complementario de sus habilidades. Pero nada hubiese surgido, ninguna hipótesis nueva y genial, sin otras muchas capacidades de Kepler y de Brahe, entre las que se cuenta el tesón, la disciplina, el amor al trabajo científico, la admiración que profesaban por el orden de los cielos, su inmensa curiosidad. Nada de interés se hubiera producido sin el conocimiento que Kepler tenía de la historia de las matemáticas, y en particular de los estudios antiguos sobre las curvas cónicas, sin sus profundas convicciones metafísicas de raíz pitagórica, sin su visión religiosa del Cosmos, que era para él reflejo y símbolo de la Santísima Trinidad, sin su sentido estético y aprecio de la simplicidad y elegancia. La creación de la hipótesis pendía también de los intereses personales de ambos actores, así como de sus circunstancias sociales, muy peculiares, opuestas y en cierto sentido también complementarias. Como se ve, la hipótesis en este caso es fruto de la persona en su integridad y circunstancias.

Consideremos, por último, antes de pasar a la siguiente fase, la situación en la que un científico –una persona que hace ciencia- o una comunidad científica ha de decidir entre varias hipótesis alternativas para el abordaje de un mismo problema. Es una situación frecuente. No me refiero a la elección entre dos o más hipótesis testadas, sino a la elección inicial entre hipótesis emergentes, una labor discriminatoria que nos dice qué hipótesis merecen ser seguidas y cuáles no. Se trata de decidir cuál o cuáles de ellas merecen ser probadas empíricamente, cuál o cuáles son más prometedoras. De nuevo nos encontramos con que este tipo de decisiones son fruto de la acción personal, de todas las capacidades de la persona orquestadas por su sentido común. Aquí hay capacidades, difícilmente formalizables, como la intuición, la experiencia⁴, las indicaciones contextuales y tradicionales, la imaginación de nuevo, y seguramente otras, que intervienen de modo crucial.

⁴ Me refiero aquí a la experiencia en un sentido amplio, en el sentido que dan a esta noción pensadores como Aristóteles y los pragmatistas contemporáneos. Es la experiencia como conjunto del tiempo vivido del cual hemos aprendido, como vivencia reflexiva. No se trata, claro está, de la noción empirista de experiencia.

4.3. Supuestos auxiliares y consecuencias empíricas

Una vez planteado el problema, generadas y filtradas las hipótesis, consideremos las fases de comprobación empírica. Para probar una hipótesis tenemos que extraer consecuencias empíricas de la misma. Pero ello es imposible si no añadimos a la hipótesis algunos supuestos tomados del cuerpo de conocimientos comúnmente aceptados **(iii)**. Por ejemplo, la química desarrollada por Georg Ernest Stahl (1660-1734) trataba de explicar fenómenos como la calcinación de los metales –lo que hoy llamamos oxidación- a partir de la hipótesis del flogisto. Según la misma, la calcinación y otros fenómenos, como la combustión o la respiración, se producen siempre con liberación a la atmósfera de una hipotética sustancia denominada flogisto. Parece seguirse, como consecuencia empírica, que el metal perderá peso durante la calcinación. Pero esta consecuencia la obtenemos solo si damos por supuesto que el peso del flogisto es positivo, o sea, que es un grave y no un leve. Como se ve, la conclusión empírica se deriva de la hipótesis *más* una serie de supuestos aceptados que a veces abarcan toda una disciplina científica e incluso teorías de otros campos. Por no hablar de supuestos más triviales, pero también necesarios, como los que se refieren a la confianza en el instrumental, en los informes de colegas o en nuestros propios sentidos y estados de conciencia. Lo que se prueba empíricamente en cada caso no es una hipótesis aislada, sino un amplio conjunto de supuestos (esta idea se conoce con el nombre de *holismo*).

Tenemos, pues, que elegir nuestros supuestos auxiliares y modular la confianza que ponemos en ellos. De nuevo estamos ante una operación que solo puede brotar de la integridad de la persona. Una vez hecha, nos encontramos en disposición de inferir a partir de la hipótesis, *H*, y de los supuestos auxiliares, *A*, alguna consecuencia empírica observable, *O*. Y ahora manda la lógica: $(H \wedge A) \rightarrow O$. Imaginemos que Stahl hubiera elegido su hipótesis del flogisto y un concepto de masa newtoniano. De ahí se sigue –*caeteris paribus*– que la calcinación ha de ir acompañada por una pérdida de peso en el metal. Puede que a Stahl no le gustase esta consecuencia empírica, pero sus gustos no pueden interferir en el mecanismo inferencial.

4.4. Observación y experimentación

Ya tenemos un enunciado empírico que podemos comparar con los datos observables **(iv)**. Se puede pensar que la fase empírica está completamente descargada de elementos personales. Pero sabemos, al menos desde los tiempos de Thomas Kuhn (1922-1996),

que no es así, que incluso la más simple observación está condicionada por nuestras expectativas, y no digamos nada de los complejos experimentos que se requieren en buena parte de las disciplinas científicas. En muchos de ellos, la acción de los científicos prácticamente construye el objeto o el fenómeno en cuestión, como ha puesto de manifiesto el filósofo canadiense Ian Hacking (1936-). La percepción, incluso la más sencilla, no es simplemente pasiva, sino que es factible gracias a la actividad del sujeto. Los filósofos han dado a este fenómeno el nombre de *carga teórica de los hechos*. Con ello dan a entender que las observaciones empíricas están mediatizadas o condicionadas por la perspectiva teórica, o, en palabras de Kuhn, por el paradigma desde el cual se investiga. Pero los condicionantes de la observación van más allá de las propias teorías y paradigmas científicos. Es muy ilustrativo, en este sentido, el caso histórico de la observación lunar realizada por Galileo (1564-1642)⁵. Como es sabido, Galileo fue de los primeros en emplear el telescopio para la observación de los cielos. A través del mismo consiguió ver ciertas sombras en la Luna. Inmediatamente interpretó esas sombras como indicios del relieve lunar. Todo el mundo conoce las famosas representaciones pictóricas del relieve lunar hechas por Galileo. Pero *ver* el relieve lunar no es algo tan sencillo como poner el ojo ante el telescopio. Prueba de ello es que por la misma época, el británico Thomas Harriot (1560-1621) observó también la Luna con un telescopio, pero desde otra formación y expectativas, y no logró ver como relieve las pautas de luz y sombra que le llegaban. En este caso, la formación pictórica de Galileo en las técnicas del claroscuro condicionó –facilitó– sus observaciones lunares.

Estas revelaciones no deberían llevarnos hacia conclusiones relativistas. Al fin y al cabo, la Luna *sí* tiene relieve, y así llegó a aceptarlo Harriot. Por suerte, disponemos también de unos bocetos de la superficie lunar dibujados por Harriot. Uno de ellos dibujado antes y otro después de conocer la descripción de Galileo. Los dos bocetos difieren drásticamente. En el primero vemos sencillamente un círculo plano dividido por una línea quebrada, que representa el límite de la zona lunar iluminada. En el segundo aparecen con claridad cráteres y valles. Una vez que Harriot leyó a Galileo, aprendió a ver de otra manera, consiguió *ver* el relieve de la Luna. Lo cual nos hace recordar que incluso en la fase de observación interviene todo un *background* personal. Pero Imaginemos que Harriot, por apego a sus posiciones previas, por interés o por nostalgia, se hubiese negado a reconocer lo que de hecho logró ver tras la lectura de los informes

⁵ Sigo aquí las ideas que aparecen en G. HOLTON (1993), “La imaginación en la ciencia”, en L. PRETA (ed.), *Imágenes y metáforas en ciencia*, Madrid: Alianza, pp. 29-58.

de Galileo. Está claro que, cuando se ha asumido un cierto trasfondo, lo que se ve es lo que se ve, y las consideraciones de otro tipo quedan fuera de lugar.

4.5. Verificación y falsación

Una vez obtenidos los resultados empíricos, mediante observación o experimentación, puede darse que coincidan, plena o parcialmente, con lo previsto o bien que difieran. En el caso de que la coincidencia no sea total, apelaremos a una cierta capacidad de estimación que nos dirá si el grado de coincidencia es o no significativo. Por ejemplo, los resultados empíricos obtenidos por Gregor Mendel (1822-1884) en sus célebres experimentos con guisantes no se ajustaban exactamente a sus previsiones teóricas, pero estaban muy próximos, lo suficiente como para dar las previsiones por acertadas, tomando las ligeras desviaciones como meras perturbaciones. Algo similar sugiere Galileo, en sus *Discorsi*, cuando admite que los datos empíricos sobre caída de graves no se ajustan con total y perfecta exactitud a sus previsiones teóricas, pero que la física aristotélica arroja desajustes mucho mayores, que no pueden ya ser atribuidos a perturbaciones. Las respectivas inexactitudes son de órdenes de magnitud muy distantes; difieren –dice Galileo– como un grano de arena de una piedra de molino, como un cabello de una maroma.

Al parecer, tanto Mendel como Galileo hicieron bien al pasar por alto pequeñas inexactitudes atribuibles a perturbaciones no controladas. Los resultados empíricos, a pesar de ellas, confirmaban sus respectivas hipótesis. Pero no es fácil, ni mucho menos automático, el decidir cuándo una divergencia de este tipo es despreciable y cuándo no. Este tipo de estimaciones dependen –de nuevo– de numerosas capacidades y circunstancias orquestadas por la sensatez de la persona que hace ciencia. Mas, una vez adoptada la decisión de tomar o no en cuenta la discrepancia, encontramos que la prueba empírica o bien refuerza o bien refuta la hipótesis. En el primer caso hablaremos de *verificación (v.i)*, en el segundo de *falsación (v.ii)*. Ahora bien, hemos de preguntarnos hasta qué punto un acierto o un fallo empírico verifican o falsan respectivamente la hipótesis. El esquema lógico de la verificación sería este:

$$\begin{array}{c} (H \wedge A) \rightarrow O \\ O \end{array}$$

De estas dos premisas no se puede inferir legítimamente la afirmación del antecedente de la primera, $(H \wedge A)$, luego la pura lógica no nos autoriza a dar por verificada una hipótesis tras una confirmación empírica de la misma. Tampoco la acumulación de aciertos empíricos ayuda mucho. No hace que crezca la probabilidad de

la hipótesis, dado que la probabilidad se calcula por la relación entre casos posibles y casos favorables. Cuando los casos posibles son infinitos, como suele ser el caso, la acumulación de casos favorables no hace crecer la probabilidad. Y, sin embargo, algo nos dice que un acierto empírico debería contar de algún modo a favor de la correspondiente hipótesis. Así es, en efecto, pero el modo en que cuenta no lo podemos captar desde la pura lógica, ni desde el cálculo probabilístico, sino precisamente desde el conjunto de facultades humanas que una persona puede manejar de modo armónico gracias al sentido común.

Lo mismo podemos decir respecto de la falsación, cuyo esquema formal es el siguiente:

$$\begin{array}{c} (H \wedge A) \rightarrow O \\ \neg O \\ \hline \neg(H \wedge A) \\ \hline \neg H \vee \neg A \end{array}$$

Es decir, cuando lo observado, $\neg O$, diverge significativamente de lo previsto, O , sabemos que algo anda mal en el antecedente, o sea que $\neg(H \wedge A)$, pero no podemos saber desde la pura lógica si los problemas están en la hipótesis o bien en alguno de los supuestos auxiliares, es decir solo sabemos que o bien $\neg H$ o bien $\neg A$. ¿Qué hacemos en este caso?, ¿rechazamos la hipótesis o alguno de los supuestos previos?

Hay casos históricos para todos los gustos. Pondré un par de ejemplos para que se pueda atisbar siquiera la complejidad del asunto. Pero antes permítaseme una reflexión. Hay filósofos que han pretendido, quizá guiados por sus preferencias psicológicas, intereses, sentimientos o convicciones metafísicas, extraer de los datos empíricos consecuencias que la lógica simplemente no permite. Así, los verificacionistas, como Rudolf Carnap (1891-1970), querían que el acierto empírico sirviese ya como verificación segura y definitiva de una hipótesis. En una versión más débil, la probabilista, pretendieron que la sucesión de aciertos empíricos sirviese para calcular una creciente probabilidad de la hipótesis. Por su parte, los falsacionistas, como Karl Popper, sostuvieron que la refutación de una hipótesis se sigue de modo seguro del desacierto empírico. Sin embargo, la lógica no permite tales conclusiones, y la lógica nos dice que, aun tras la observación, las decisiones están abiertas: podemos optar por mantener nuestra hipótesis o por desecharla.

Pasemos ahora a los casos históricos prometidos. Consideremos de nuevo el caso del flogisto. Ante la observación de que los metales se calcinan con ganancia de

peso, el teórico del flogisto puede optar por desechar su hipótesis o por mantenerla a costa de revisar alguno de los supuestos auxiliares. Puede proponer, por ejemplo, que el flogisto en realidad tiene un peso negativo. Está claro que esta maniobra le pondrá ante nuevas dificultades, pero en principio puede hacerla. Nosotros, con la ventaja que nos da la historia, le soplaríamos al oído: “no lo hagas, renuncia a tu hipótesis, el flogisto no existe”.

Bien, ¿y qué le diríamos a Copérnico? Según su hipótesis, la Tierra orbita en torno al Sol. Es decir, que nosotros, como observadores terrestres, viajamos por el espacio, y vemos las estrellas desde una posición que cambia a lo largo del año. De ahí se sigue una predicción empírica: deberíamos ver cómo la forma de las constelaciones va cambiando a lo largo del año. Dicho de modo más técnico, deberíamos observar paralaje estelar. Copérnico mira al cielo y no observa paralaje. Las constelaciones mantienen su forma durante todo el año. Luego, o bien su hipótesis es falsa, o bien hemos aceptado algún supuesto erróneo. Y nosotros, aupados a hombros de gigantes, le diríamos a Copérnico lo contrario de lo que le hemos dicho a Stahl: “resiste, haz caso de tus intuiciones, de tu sentido estético de la armonía, de tu pitagorismo solar, no cedas en tu hipótesis, la Tierra sí orbita, revisa los supuestos auxiliares”. Eso fue lo que hizo Copérnico. Abogó por revisar un supuesto comúnmente aceptado, relativo al tamaño del universo. Sugirió que quizá el universo es muchísimo más grande de lo que se había supuesto hasta el momento. De este modo, las estrellas estarían tan lejos de nosotros que el tamaño de la órbita terrestre sería despreciable en relación a la distancia que nos separa de ellas. No vivió lo suficiente para asomarse a un buen telescopio. Desde el mismo hubiera podido observar, en efecto, la paralaje estelar que su hipótesis predecía y que no se puede observar a simple vista, dada la enorme la distancia que nos separa incluso de la más cercana de las estrellas (*Alpha Centauri*).

Lo que está claro es que nosotros jugamos con ventaja, y ni aun así tenemos un algoritmo o un método uniforme que nos permita recomendar, ante una cierta observación, el camino a seguir. A Stahl le recomendaríamos lo contrario que a Copérnico. Sabemos ya que la acción científica es acción personal, pero no existe una receta universal que nos diga en qué dosis se deben combinar todas las facetas de la persona, en qué fases conviene ser más restrictivos o más inclusivos. La misma formación pictórica que dio ventaja a Galileo frente a Harriot, le impidió aceptar las órbitas elípticas propuestas por Kepler. Galileo las rechazó debido a su preferencia clasicista por el círculo y a su desprecio por las formas elipsoides de los manieristas.

Con todo, queremos que la investigación sea racional. Pero aquí la racionalidad ha de entenderse como sentido común, no como algoritmo. Hay racionalidad donde hay seres racionales, es decir, personas. Como señaló Pierre Duhem, el mensaje de la ciencia se dirige al sentido común (*bon sens*), a la persona en su conjunto.

4.6. Explicación, aplicación y mucho más

Desde el sentido común decidimos, pues, qué hipótesis han de ser aceptadas y con qué grado de confianza. A partir de ahí buscamos -vía inferencia deductiva- las explicaciones y predicciones que se puedan aportar **(v.i.i)**. Pongamos esta vez un caso contemporáneo. En el terreno de la oncología existen actualmente dos hipótesis principales en liza, cada una de ellas con sus variantes. Se trata de la STM (*Somatic Mutation Theory*), según la cual las mutaciones genéticas en las células somáticas son la causa básica de las formaciones cancerosas, y la TOFT (*Tissue Organization Field Theory*), según la cual el cáncer procede, en última instancia, de una incorrecta organización tisular⁶. Cada una de las hipótesis aporta una explicación diferente de las patologías en cuestión. Aquí, de nuevo, pasan a segundo plano otras consideraciones ajenas a la propia inferencia y observación. Ocupa el primer plano el éxito de cada una de las hipótesis en la explicación de fenómenos vinculados al cáncer, como la propia carcinogénesis, la metástasis, la heterogeneidad celular, la reversión espontánea y otros.

Por otra parte, Karl Popper solía decir que la ciencia progresa de problemas en problemas. Si rechazamos una hipótesis tendremos que replantear el problema original **(v.ii.i)**, y si la aceptamos aparecerá toda una prole de nuevos problema **(v.i.iv)**. Es decir, la explicación de un fenómeno mediante una hipótesis no es solo un final de trayecto, sino también el comienzo de la identificación y planteamiento de nuevos problemas, quizá más profundos, o más precisos, o mejor formulados o más prácticos, en los que la hipótesis aceptada servirá como guía *heurística*. Si adoptamos la SMT, trataremos de identificar oncogenes, mientras que si aceptamos la TOFT orientaremos la búsqueda hacia las configuraciones tisulares patogénicas.

Otra consecuencia habitual de la aceptación de una hipótesis es la transferencia y aplicación **(v.i.ii)**, o intento de aplicación, de la misma en el campo práctico y tecnológico. Aquí nos movemos en un dominio de gran complejidad, pues no hay casi nunca posibilidad de aplicación automática de una hipótesis a la resolución de problemas prácticos, sino que dicha aplicación requiere de un cierto arte, de una cierta

⁶ Cf. M. BERTOLASO (2012), *Il cancro come questione. Modelli interpretativi e presupposti epistemologici*, Milán: Franco Angeli.

capacidad de adaptación al terreno. No es posible en un texto breve presentar toda la complejidad de la ciencia aplicada y de la tecnología. Me conformaré con recordar que, efectivamente, cada uno de estos niveles constituye en sí mismo un arte y una tradición compleja, y no resultan de una simple traslación mecánica de la ciencia teórica. Incluso la fase llamada de transferencia científica, en la cual pasan los conocimientos adquiridos en la investigación al sistema productivo, requiere una sabiduría propia. Tanto la transferencia, como la aplicación exigen de nuevo la contribución equilibrada de un gran número de capacidades humanas. Pensemos en las dificultades que comporta transferir a la industria farmacéutica los conocimientos científicos sobre el cáncer, para que de ahí pueda derivar nuevas aplicaciones. Imaginemos, por un momento, la cantidad de habilidades humanas y sociales que se requieren antes de ver un medicamento eficaz en la farmacia, así como lo delicada que puede ser la labor de equilibrar todas ellas.

Lo mismo podemos decir de la comunicación y enseñanza **(v.i.iii)**. La comunicación de la ciencia se realiza a través de los medios, de las obras de divulgación, de los museos científicos, del cine y la literatura, entre otros cauces. Es obvio que no se trata de una actividad automatizable y que no basta con poseer conocimientos científicos para ejecutarla con éxito. Es una tarea de mediación en la que el comunicador ha de crear nuevas metáforas, ha de desempeñarse con cierta libertad crítica, y ha de buscar nuevos equilibrios entre distintos valores, como el rigor y la amenidad, por ejemplo. También la enseñanza de la ciencia, en el medio escolar y universitario, precisa que todas las capacidades humanas, tanto del profesor como de los estudiantes, funcionen de modo armónico, desde la inteligencia social a la emocional, desde la creatividad a la empatía, desde la claridad expositiva a la honradez intelectual y seguramente otras muchas. Se sigue de ello que la enseñanza de la ciencia no persigue la formación de científicos, sino de *personas* capaces de hacer ciencia.

5. CONCLUSIÓN

En este texto he querido presentar la ciencia como una actividad realizada por personas, con todas sus capacidades, actitudes y circunstancias. No es la ciencia una actividad modular, que se pueda reducir solo a la capacidad de observación y de inferencia lógica de un individuo, sino una *actividad personal* integral. En correspondencia con esta idea, he presentado la racionalidad científica como una suerte de armonía o de equilibrio, fruto de la dosificación y ritmo con que se conjugan todas las capacidades y

circunstancias referidas. He utilizado aquí las metáforas del pulso cardíaco y de la respiración para insinuar precisamente estas imágenes de dosis y de ritmo. Conforme a la metáfora del pulso cardíaco, la persona que hace ciencia toma, según los momentos, una mayor o menor dosis de cada una de sus capacidades. Conforme a la metáfora de la respiración, esta persona incluye también en su hacer científico una mayor o menor dosis de circunstancias sociales o históricas de su entorno. La dosificación y el ritmo corren a cargo del sentido común de la persona, de su sensatez o prudencia.