

2. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA: INVENCIÓN Y CONTRASTACIÓN.

1. *Un caso histórico a título de ejemplo*

Como simple ilustración de algunos aspectos importantes de la investigación científica, parémonos a considerar los trabajos de Semmelweis en relación con la fiebre puerperal. Ignaz Semmelweis, un médico de origen húngaro, realizó esos trabajos entre 1844 y 1848 en el Hospital General de Viena. Como miembro del equipo médico de la Primera División de Maternidad del hospital, Semmelweis se sentía angustiado al ver que una gran proporción de las mujeres que habían dado a luz en esa división contraía una seria y con frecuencia fatal enfermedad conocida como fiebre puerperal o fiebre de post-parto. En 1844, hasta 260, de un total de 3.157 madres de la División Primera -un 8,2 %- murieron de esa enfermedad; en 1845, el índice de muertes era del 6,8 %, y en 1846, del 11,4. Estas cifras eran sumamente alarmantes, porque en la adyacente Segunda División de Maternidad del mismo hospital, en la que se hallaban instaladas casi tantas mujeres como en la Primera, el porcentaje de muertes por fiebre puerperal era mucho más bajo: 2,3, 2,0 y 2,7 en los mismos años. En un libro que escribió más tarde sobre las causas y la prevención de la fiebre puerperal, Semmelweis relata sus esfuerzos por resolver este terrible rompecabezas.

Semmelweis empezó por examinar varias explicaciones del fenómeno corrientes en la época; rechazó algunas que se mostraban incompatibles con hechos bien establecidos; a otras las sometió a contrastación.

Una opinión ampliamente aceptada atribuía las olas de fiebre puerperal a «influencias epidérmicas», que se describían vagamente como «cambios atmosférico-cósmico-telúricos», que se extendían por distritos enteros y producían la fiebre puerperal en mujeres que se hallaban de postparto. Pero, ¿cómo -arguía Semmelweis podían esas influencias haber infestado durante años la División Primera y haber respetado la Segunda? Y ¿cómo podía hacerse compatible esta concepción con el hecho de que mientras la fiebre asolaba el hospital, apenas se producía caso alguno en la ciudad de Viena o sus alrededores? Una epidemia de verdad, como el cólera, no sería tan selectiva. Finalmente, Semmelweis señala que algunas de las mujeres internadas en la División Primera que vivían lejos del hospital se habían visto sorprendidas por los dolores de parto cuando iban de camino, y habían dado a luz en la calle; sin embargo, a pesar de estas condiciones adversas, el porcentaje de muertes por fiebre puerperal entre estos casos de «parto callejero» era más bajo que el de la División Primera.

Según otra opinión, una causa de mortandad en la División Primera era el hacinamiento. Pero Semmelweis señala que de hecho el hacinamiento era mayor en la División Segunda, en parte como consecuencia de los esfuerzos desesperados de las pacientes para evitar que las ingresaran en la tristemente célebre División Primera. Semmelweis descartó asimismo dos conjeturas similares haciendo notar que no había diferencias entre las dos divisiones en lo que se refería a la dieta y al cuidado general de las pacientes.

En 1846, una comisión designada para investigar el asunto atribuyó la frecuencia de la enfermedad en la División Primera a las lesiones producidas por los reconocimientos poco cuidadosos a que sometían a las pacientes los estudiantes de medicina, todos los cuales realizaban sus prácticas de obstetricia en esta División. Semmelweis señala, para refutar esta opinión, que (a) las lesiones producidas naturalmente en el proceso del parto son mucho mayores que las que pudiera producir un examen poco cuidadoso; (b) las comadronas que recibían enseñanzas en la División Segunda reconocían a sus pacientes de modo muy análogo, sin por ello producir los mismos efectos; (c) cuando, respondiendo al informe de la comisión, se redujo a la mitad el número de estudiantes y se restringió al mínimo el reconocimiento de las mujeres por parte de ellos, la mortalidad, después de un breve descenso, alcanzó sus cotas más altas.

Se acudió a varias explicaciones psicológicas. Una de ellas hacía notar que la División Primera estaba organizada de tal modo que un sacerdote que portaba los últimos auxilios a una moribunda tenía que pasar por cinco salas antes de llegar a la enfermería: se sostenía que la aparición del sacerdote, precedido por un acólito que hacía sonar una campanilla, producía un efecto terrorífico y debilitante en las pacientes de las salas y las hacía así más propicias a contraer la fiebre puerperal. En la División Segunda no se daba este factor adverso, porque el sacerdote tenía acceso directo a la enfermería. Semmelweis decidió someter a prueba esta suposición. Convenció al sacerdote de que debía dar un rodeo y suprimir el toque de campanilla para

conseguir que llegara a la habitación de la enferma en silencio y sin ser observado. Pero la mortalidad no decreció en la División Primera.

A Semmelweis se le ocurrió una nueva idea: las mujeres, en la División Primera, yacían de espaldas; en la Segunda, de lado. Aunque esta circunstancia le parecía irrelevante, decidió, aferrándose a un clavo ardiendo, probar a ver si la diferencia de posición resultaba significativa. Hizo, pues, que las mujeres internadas en la División Primera se acostaran de lado, pero, una vez más, la mortalidad continuó.

Finalmente, en 1847, la casualidad dio a Semmelweis la clave para la solución del problema. Un colega suyo, Kolletschka, recibió una herida penetrante en un dedo, producida por el escalpelo de un estudiante con el que estaba realizando una autopsia, y murió después de una agonía durante la cual mostró los mismos síntomas que Semmelweis había observado en las víctimas de la fiebre puerperal. Aunque por esa época no se había descubierto todavía el papel de los microorganismos en ese tipo de infecciones, Semmelweis comprendió que la «materia cadavérica» que el escalpelo del estudiante había introducido en la corriente sanguínea de Kolletschka había sido la causa de la fatal enfermedad de su colega, y las semejanzas entre el curso de la dolencia de Kolletschka y el de las mujeres de su clínica llevó a Semmelweis a la conclusión de que sus pacientes habían muerto por un envenenamiento de la sangre del mismo tipo: él, sus colegas y los estudiantes de medicina habían sido los portadores de la materia infecciosa, porque él y su equipo solían llegar a las salas inmediatamente después de realizar disecciones en la sala de autopsias, y reconocían a las parturientas después de haberse lavado las manos sólo de un modo superficial, de modo que éstas conservaban a menudo un característico olor a suciedad.

Una vez más, Semmelweis puso a prueba esta posibilidad. Argumentaba_él que si la suposición fuera correcta, entonces se podría prevenir la fiebre puerperal destruyendo químicamente el material infeccioso adherido a las manos. Dictó, por tanto, una orden por la que se exigía a todos los estudiantes de medicina que se lavaran las manos con una solución de cal clorurada antes de reconocer a ninguna enferma. La mortalidad puerperal comenzó a decrecer, y en el año 1848 descendió hasta el 1,27 % en la División Primera, frente al 1,33 de la Segunda.

En apoyo de su idea, o, como también diremos, de *su hipótesis*, Semmelweis hace notar además que con ella se explica el hecho de que la mortalidad en la División Segunda fuera mucho más baja: en ésta las pacientes estaban atendidas por comadronas, en cuya preparación no estaban incluidas las prácticas de anatomía mediante la disección de cadáveres.

La hipótesis explicaba también el hecho de que la mortalidad fuera menor entre los casos de «parto callejero»: a las mujeres que Regaban con el niño en brazos casi nunca se las sometía a reconocimiento después de su ingreso, y de este modo tenían mayores posibilidades de escapar a la infección.

Asímismo, la hipótesis daba cuenta del hecho de que todos los recién nacidos que habían contraído la fiebre puerperal fueran hijos de madres que habían contraído la enfermedad durante el parto; porque en ese caso la infección se le podía transmitir al niño antes de su nacimiento, a través de la corriente sanguínea común de madre e hijo, lo cual, en cambio, resultaba imposible cuando la madre estaba sana.

Posteriores experiencias clínicas llevaron pronto a Semmelweis a ampliar su hipótesis. En una ocasión, por ejemplo, él y sus colaboradores, después de haberse desinfectado cuidadosamente las manos, examinaron primero a una parturienta aquejada de cáncer cervical ulcerado; procedieron luego a examinar a otras doce mujeres de la misma sala, después de un lavado rutinario, sin desinfectarse de nuevo. Once de las doce pacientes murieron de fiebre puerperal. Semmelweis llegó a la conclusión de que la fiebre puerperal podía ser producida no sólo por materia cadavérica, sino también por «materia pútrida procedente de organismos vivos».

2. *Etapas fundamentales en la contrastación de una hipótesis*

Hemos visto cómo, en su intento de encontrar la causa de la fiebre puerperal, Semmelweis sometió a examen varias hipótesis que le habían sido sugeridas como respuestas posibles. Cómo se llega en un principio a esas hipótesis es una cuestión compleja que estudiaremos más adelante. Antes de eso, sin embargo, veamos cómo, una vez propuesta, se contrasta una hipótesis.

Hay ocasiones en que el procedimiento es simplemente directo. Pensemos en las suposiciones según las cuales las diferencias en el número de enfermos, o en la dieta, o en los cuidados generales, explicaban las diferencias en la mortalidad entre las dos divisiones. Como señala Semmelweis, esas hipótesis están en

conflicto con hechos fácilmente observables. No existen esas diferencias entre las dos divisiones; las hipótesis, por tanto, han de ser rechazadas como falsas.

Pero lo normal es que la contrastación sea menos simple y directa. Tomemos la hipótesis que atribuye el alto índice de mortalidad en la División Primera al terror producido por la aparición del sacerdote con su acólito. La intensidad de ese terror, y especialmente sus efectos sobre la fiebre puerperal, no son tan directamente identificables como las diferencias en el número de enfermos θ en la dieta, y Semmelweis utiliza un método indirecto de contrastación. Se pregunta a sí mismo: ¿Qué efectos observables -si los hay- se producirían en el caso de que la hipótesis fuera verdadera? Y argumenta: si la hipótesis fuese verdadera, *entonces* un cambio apropiado en los procedimientos del sacerdote iría seguido de un descenso en la mortalidad. Comprueba mediante un experimento muy simple si se da esta implicación; se encuentra con que es falsa, y, en consecuencia, rechaza la hipótesis.

De modo similar, para contrastar la conjetura relativa a la posición de las mujeres durante el parto, razona del siguiente modo: si la conjetura fuese verdadera, *entonces* la adopción, en la División Primera, de la posición lateral reduciría la mortalidad. Una vez más, la experimentación muestra que la implicación es falsa, y se descarta la conjetura.

En los dos últimos casos, la contrastación está basada en un razonamiento que consiste en decir que si la hipótesis considerada, llamémosle H , es verdadera, *entonces* se producirán, en circunstancias especificadas (por ejemplo, si el sacerdote deja de atravesar las salas, o si las mujeres adoptan la posición de lado), ciertos sucesos observables (por ejemplo, un descenso en la mortalidad); en pocas palabras, si H es verdadera, entonces también lo es I , donde I es un enunciado que describe los hechos observables que se esperase produzcan. Convengamos en decir que I se infiere de, o está implicado por, H ; y llamemos a I una *implicación contrastadora de la hipótesis H* . (Más adelante daremos una descripción más cuidadosa de la relación entre I y H .)

En nuestros dos últimos ejemplos, los experimentos mostraban que la implicación contrastadora era falsa, y, de acuerdo con ello, se rechazaba la hipótesis. El razonamiento que llevaba a ese rechazo podría esquematizarse del siguiente modo:

Si H es verdadera, entonces también lo es I .
Pero (como se muestra empíricamente) I no es verdadera.

H no es verdadera.

Toda inferencia de esta forma, llamada en lógica *modus tollens*, es deductivamente válida; es decir, que si sus premisas (los enunciados escritos encima de la línea horizontal) son verdaderas, entonces su conclusión (el enunciado que figura debajo de la línea) es indefectiblemente verdadera también. Por tanto, si las premisas de (2a) están adecuadamente establecidas, la hipótesis H que estamos sometiendo a contrastación debe ser rechazada.

Consideremos ahora el caso en que la observación o la experimentación confirman la implicación contrastadora, I . De su hipótesis de que la fiebre puerperal es un envenenamiento de la sangre producido por materia cadavérica, Semmelweis infiere que la adopción de medidas antisépticas apropiadas reducirá el número de muertes por esa enfermedad. Esta vez los experimentos muestran que la implicación contrastadora es verdadera. Pero este resultado favorable no prueba de un modo concluyente que la hipótesis sea verdadera, porque el razonamiento en que nos hemos basado tendría la forma siguiente:

Si H es verdadera, entonces también lo es I .
(Como se muestra empíricamente) I es verdadera.

H es verdadera.

Y este modo de razonar, conocido con el nombre de *falacia de afirmación de consecuente*, no es deductivamente válido, es decir, que su conclusión puede ser falsa, aunque sus premisas sean verdaderas. De hecho, la propia experiencia de Semmelweis puede servir para ilustrar este punto. La versión inicial de su explicación de la fiebre puerperal como una forma de envenenamiento de la sangre presentaba la infección con materia cadavérica esencialmente como la única causa de la enfermedad; y Semmelweis estaba en lo

cierto al argumentar que si esta hipótesis fuera verdadera, entonces la destrucción de las partículas cadavéricas mediante el lavado antiséptico reduciría la mortalidad. Además, su experimento mostró que la implicación contrastadora era verdadera. Por tanto, en este caso las premisas de (2b) eran ambas verdaderas. Sin embargo, su hipótesis era falsa, porque, como él mismo descubrió más tarde, la materia en proceso de putrefacción procedente de organismos vivos podía producir también la fiebre puerperal.

Así, pues, el resultado favorable de una contrastación, es decir, el hecho de que una implicación contrastadora inferida de una hipótesis resulte ser verdadera, no prueba que la hipótesis lo sea también. Incluso en el caso de que hayan sido confirmadas mediante contrastación cuidadosa diversas implicaciones de una hipótesis, incluso en ese caso, puede la hipótesis ser falsa. El siguiente razonamiento incurre también en la falacia de afirmación de consecuente:

*Si H es verdadera, entonces lo son también I1, I2, ..., In....
(Como se muestra empíricamente), I1, I2, In..., son todas verdaderas.*

H es verdadera.

También esto se puede ilustrar por referencia a la hipótesis final de Semmelweis en su primera versión. Como antes señalamos, la hipótesis de Semmelweis entraña también las implicaciones contrastadoras de que entre los casos de parto callejero ingresados en la División Primera el porcentaje de muertes por fiebre puerperal sería menor que el de la División, y que los hijos de madres que habían escapado a la enfermedad no contraerían la fiebre; estas implicaciones fueron también corroboradas por la experiencia -y ello a pesar de que la primera versión de la hipótesis final era falsa.

Pero la advertencia de que un resultado favorable en todas cuantas contrastaciones hagamos no proporciona una prueba concluyente de una hipótesis no debe inducirnos a pensar que después de haber sometido una hipótesis a una serie de contrastaciones, siempre con resultado favorable, no estamos en una situación más satisfactoria que si no la hubiéramos contrastado en absoluto. Porque cada una de esas contrastaciones podía muy bien haber dado un resultado desfavorable y podía habernos llevado al rechazo de la hipótesis. Una serie de resultados favorables obtenidos contrastando distintas implicaciones contrastadoras, I1, I2, ..., In...de una hipótesis, muestra que, en lo concerniente a esas implicaciones concretas, la hipótesis ha sido confirmada; y si bien este resultado no supone una prueba completa de la hipótesis, al menos le confiere algún apoyo, una cierta corroboración o confirmación parcial de ella. El grado de esta confirmación dependerá de diversos aspectos de la hipótesis y de los datos de la contrastación. Todo esto lo estudiaremos en el Capítulo 4.

Tomemos ahora otro ejemplo, que atraerá también nuestra atención sobre otros aspectos de la investigación científica.

En la época de Galileo, y probablemente mucho antes, se sabía que una bomba aspirante que extrae agua de un pozo por medio de un pistón que se puede hacer subir por el tubo de la bomba, no puede elevar el agua arriba de 34 pies por encima de la superficie del pozo. Galileo se sentía intrigado por esta limitación y sugirió una explicación, que resultó, sin embargo, equivocada. Después de la muerte de Galileo, su discípulo Torricelli propuso una nueva respuesta. Argüía que la tierra está rodeada por un mar de aire, que por razón de su peso, ejerce presión sobre la superficie, y que esta presión ejercida sobre la superficie del pozo obliga al agua a ascender por el tubo de la bomba cuando hacemos subir el pistón. La altura máxima de 34 pies de la columna de agua expresa simplemente la presión total de la atmósfera sobre la superficie del pozo.

Evidentemente, es imposible determinar, por inspección u observación directa, si esta explicación es correcta, y Torricelli la sometió a contrastación por procedimientos indirectos. Su argumentación fue la siguiente: si la conjetura es verdadera, *entonces* la presión de la atmósfera sería capaz también de sostener una columna de mercurio proporcionalmente más corta; además, puesto que la gravedad específica del mercurio es aproximadamente 14 veces la del agua, la longitud de la columna de mercurio mediría aproximadamente $34/14$ pies, es decir, algo menos de dos pies y medio. Comprobó esta implicación contrastadora por medio de un artefacto ingeniosamente simple, que era, en efecto, el barómetro de mercurio. El pozo de agua se sustituye por un recipiente abierto que contiene mercurio; el tubo de la bomba aspirante se sustituye por un tubo de cristal cerrado por un extremo. El tubo está completamente lleno de mercurio y queda cerrado apretando el pulgar contra el extremo abierto. Se invierte después el tubo, el extremo abierto se sumerge en el mercurio, y se retira el pulgar; la columna de mercurio desciende entonces por el tubo hasta alcanzar una altura de 30 pulgadas: justo como lo había previsto la hipótesis de Torricelli.