

Falsos positivos de la ciencia

V. M. Trejos, L. Peralta, L. López-Lozano, M. Pérez-González, y S. Gómez-Ávila

*Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo,
Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Col. Carboneras, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.*

Received 30 September 2021; accepted 14 October 2021

Un falso positivo en la ciencia es un descubrimiento anunciado y luego rebatido; la historia de los falsos positivos ilustra el proceso científico y la cultura en la cuál éste está inmerso. En el anuncio de un descubrimiento falso juegan tanto las fluctuaciones estadísticas como los errores sistemáticos de los experimentos, la ambición de los científicos, y las expectativas y esperanzas de las comunidades investigadoras; también, las prácticas y los estándares de revisión. En el camino a la construcción de un consenso científico hay obstáculos tanto de carácter social como metodológico. En el caso particular de las matemáticas tenemos el caso de la prueba fallida, en donde un error lógico o conceptual lleva al anuncio de un resultado correcto al que se llega por un argumento erróneo. En este trabajo se discute la historia de las demostraciones fallidas en matemáticas tal como es el caso de Vladimir Voevodsky, la controversia sobre el efecto Mpemba, el fiasco del exceso de difotones a 750 GeV en el Gran Colisionador de Hadrones, y el caso de deshonestidad científica de Jan Hendrik Schön.

Descriptor: Vladimir Voevodsky; efecto Mpemba; gran colisionador de Hadrones; Jan Hendrik Schön.

A scientific false positive is a discovery that is announced and then rejected; the history of false positives illuminates the scientific process and the culture in which science happens. In the announcement of a false discovery, many things play a role, from statistical fluctuations to systematic experimental errors, the ambitions of scientists and the hopes and expectations of research communities. Also, the standards and practices of peer review; in the road to a scientific consensus lay obstacles of both social and methodological character. In the particular case of mathematics, we have the notion of a failed proof, where a conceptual or logical error leads to the announcement of a correct result that is reached by an erroneous argument. In this work, we discuss the failed demonstration of Vladimir Voevodsky, the Mpemba effect controversy, the 750 GeV diphoton excess fiasco at the Large Hadron Collider, and the Jan Hendrik Schön scientific dishonesty scandal.

Keywords: Vladimir Voevodsky; Mpemba effect; Large Hadron Collider; Jan Hendrik Schön.

DOI: <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.19.010301>

1. Introducción

El interés creciente por explicar los fenómenos de la naturaleza basándonos en razonamientos lógicos, sustentados en observaciones y en el modelamiento de ecuaciones matemáticas han conducido a un sin número de manuscritos que retratan resultados muy interesantes a nivel investigativo en la ciencia. A lo largo de los años, todos hemos escuchado de diversos descubrimientos científicos en diversas disciplinas del conocimiento. En particular, quienes estamos inmersos en alguna línea o campo de investigación solemos tomar esos anuncios novedosos con bastante entusiasmo debido a que representan contribuciones muy importantes de nuestras áreas. Aunque estos “aciertos” en un principio pueden ser muy gratificantes, han existido escenarios incómodos en los cuales grupos de investigación se han visto envueltos en resultados contradictorios que se pueden denominar “*falsos positivos de la ciencia*”. Es decir, resultados que en un principio se llegaron a considerar como ciertos y/o inobjectables pero que con el paso del tiempo y de nuevas observaciones fueron revertidos en su totalidad o de los cuales aún no existe un consenso entre la teoría y el experimento que permitan rechazar o validar la hipótesis inicial del fenómeno.

Ahora bien, una postura muy común que tomamos los científicos se basa en emocionarnos por dicho resultado científico y, a continuación, mostrar escepticismo ante el

resultado e intentar refutarlo o confirmarlo desde nuestra trinchera, ya sea teórica, computacional o experimental. En este trabajo, presentamos un recuento de una serie de ejemplos que en su momento causaron mucho revuelo y que se engloban dentro de las ciencias físico-matemáticas y que bien podrían denominarse “*falsos positivos de la ciencia*”.

Este manuscrito se encuentra organizado de la siguiente manera. En la Sec. 2 se hace un recuento de algunas situaciones relevantes a lo largo de la historia de las Matemáticas que han conducido a nuevas demostraciones y descubrimientos a los que probablemente no se hubiese podido llegar de no ser por la verificación de la afirmación científica. En la Sec. 3 se presenta una discusión del efecto Mpemba y de la razón por la cual no hay un consenso entre la comunidad científica de si los resultados teóricos y experimentales son correctos. En la Sec. 4, se discute el resultado de un experimento operado en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC, por su siglas en inglés) que mostraba evidencia de “*nueva física*” y que más adelante fue desmentido experimentalmente. En la Sec. 5 se discute el caso “*Schön*”, donde se ejemplifica una situación en la cual un investigador es capaz de reportar resultados revolucionarios para la comunidad científica, pero que al final terminaron siendo falsos. Finalmente, se presentan las conclusiones y perspectivas de este trabajo.

2. Falso positivo hasta que se demuestre lo contrario

Las verdades científicas que conocemos hoy, muy probablemente no serán las mismas mañana. Estas van cambiando y ajustándose según la ciencia va descubriendo más partes del conjunto total que es la realidad. Sin embargo, en las matemáticas modernas podríamos decir que esto no es del todo cierto. Actualmente una de las actividades habituales de una o un matemático es enunciar y demostrar teoremas. Un teorema, es una afirmación que puede ser demostrada como verdadera dentro de un marco lógico y es válida para siempre. Por ejemplo, el famoso teorema de Pitágoras que fue demostrado en el siglo VI a. C., sigue siendo válido hasta nuestros días. En esta sección, a través de algunas situaciones conocidas y relevantes a lo largo de la historia de las Matemáticas, daremos un panorama general del proceso que se lleva a cabo en esta disciplina para llegar a verificar la validez de una afirmación científica.

2.1. El desarrollo y comprobación de resultados a lo largo de la historia

A lo largo de la historia se han llevado a la práctica diferentes métodos para comprobar la veracidad de los resultados matemáticos. Por ejemplo, durante el siglo XVI, cuando los matemáticos eran pocos y prácticamente desconocidos, era común la organización de concursos públicos para la solución de retos matemáticos [1]. Estas competencias, en principio científicas, se convertían en verdaderos problemas personales que muchas veces, lejos de afectar a la ciencia, provocaban que los científicos aludidos en sus contraréplicas desarrollaran más y mejores argumentos sobre sus resultados. Como ejemplo, recordemos el descubrimiento de la solución algebraica de la ecuación cúbica que enfrentó en una disputa a Cardano y Niccolò Fontana, mejor conocido como Tartaglia (Fig. 1).

Cuando Tartaglia se enteró de que Scipione del Ferro había resuelto la ecuación $x^3 + px = q$ se entregó a la búsqueda de un método propio para resolver polinomios de grado 3,



FIGURA 1. A la izquierda Niccolò Fontana (Tartaglia), a la derecha Gerolamo Cardano.

el cual logró conseguir en 1541. La noticia de su logro se difundió rápidamente provocando que el matemático Antonio Maria Fior, discípulo de del Ferro, al enterarse lo retara públicamente a resolver 30 ecuaciones, las cuales resolvió sin problema dentro del tiempo estipulado, mientras que Fior no pudo resolver ninguna de las propuestas por Tartaglia. Al enterarse Cardano de este triunfo, invita a Tartaglia a su casa de Milán con la falsa promesa de presentarle a un mecenas. Después de mucho insistir, Tartaglia es convencido por Cardano para revelar su método y éste último lo publica a su nombre en la obra *Ars Magna*. La protesta de Tartaglia por el plagio de Cardano lo llevó a enfascarse por varios años en desafíos cruzados entre él y el alumno de Cardano, Ludovico Ferrari, lográndose así el desarrollo de métodos para la solución de las ecuaciones de cuarto grado [2].

Durante los siglos XVI y XVII, la vida científica se desarrollaba principalmente en pequeños grupos de personas que trabajaban bajo el financiamiento de algunos miembros de la clase noble; esta forma de trabajo, junto con el incremento del número de científicos, provocó la creación de las primeras sociedades científicas [3]. La primera de éstas, la *Accademia dei Lincei*, se constituyó en Roma en agosto de 1603 y tuvo entre sus distinguidos miembros al astrónomo italiano Galileo Galilei. El enfoque de estas organizaciones fue adoptado por Inglaterra donde se formó el *Colegio Invisible*, una locución que hacía referencia a un grupo de estudiosos que compartían sus conocimientos a través de correo postal y reuniones. Finalmente, el Colegio Invisible dio origen a la *Royal Society* de Londres siendo el químico Robert Boyle uno de sus fundadores [4]. Poco después, se originó en París la *Académie Royale des Sciences* gracias, en parte, a la influencia del franciscano minimista Marin de Mersenne quien, en torno a su persona, formó el grupo matemático más importante de la época. Mersenne logró que matemáticos como Fermat, Descartes y otros mantuvieran una correspondencia activa confrontando así la exactitud de sus trabajos.

Lo anterior finalmente condujo a la fundación de sociedades científicas y éstas a la aparición de revistas, las cuales adquieren un desarrollo considerable durante los siglos XVIII y XIX. A partir de esto los matemáticos, y en general los científicos, publicaban rápidamente sus descubrimientos, facilitando así su difusión y a su vez la revisión de su veracidad por parte de otros conocedores del mismo tema.

2.2. Una demostración necesita tiempo suficiente

Es importante resaltar que para probar la veracidad de los resultados matemáticos se requiere de tiempo y la mayoría de las veces, más del que podamos prever. Por ejemplo, el teorema fundamental del cálculo, que afirma que la diferenciación y la integración son operaciones inversas, tardó en ser demostrado formalmente más de un siglo. En efecto, aunque Isaac Newton dio el primer enunciado claro de este resultado, fue James Gregory quien en 1670 lo probó por primera vez en su formulación geométrica. Finalmente, en 1823 cuando Cauchy desarrolló el cálculo diferencial e integral sobre la



FIGURA 2. De izquierda a derecha Isaac Newton, James Gregory y Augustin Cauchy.

base del concepto de límite se logra obtener la primera demostración rigurosa, ver Fig. 2, [3].

Otro popular ejemplo de lo que puede llegar a tardar la comprobación de un resultado matemático es el del famoso “último teorema de Fermat” propuesto en 1642. Pierre Fermat (Fig. 3) fue un brillante jurista y matemático francés que hizo valiosas aportaciones al campo de la geometría analítica, la teoría de probabilidades y la teoría de números. Acostumbrado a escribir las soluciones a los problemas en el margen de los libros. Una de las notas que escribió en su ejemplar del texto la *Arithmetica* de Diofanto de Alejandría dice lo siguiente:

Es imposible encontrar la forma de convertir un cubo en la suma de dos cubos, una potencia cuarta en la suma de dos potencias cuartas, o en general cualquier potencia más alta que el cuadrado, en la suma de dos potencias de la misma clase. He descubierto para el hecho una demostración excelente. Pero este margen es demasiado pequeño para que la demostración quepa en él.

Lo anterior en lenguaje moderno significa que si n es un número entero mayor o igual a 3, entonces no existen enteros positivos x , y y z tales que se satisfaga la igualdad $x^n + y^n = z^n$.

Los primeros intentos para demostrar este resultado fueron hechos por Bernard Frénicle de Bessy, quien probara el caso $n = 4$. En 1738, Euler, a través de la técnica del descenso infinito, demuestra los casos $n = 3$ y $n = 4$. El segundo gran paso en la búsqueda de la demostración de este resultado fue dado por la matemática francesa Sophie Germain (Fig. 3) quien fue la primera en buscar una demostración para un número infinito de números primos y quien probó la conjetura para $n = 5$, además, Sophie innovó el planteamiento



FIGURA 3. De izquierda a derecha Fermat, Sophie Germain y Andrew Wiles.

de este teorema al hacer una analogía con la teoría de residuos. Distinguidos matemáticos de la talla de Legendre continuaron con la búsqueda de la demostración, pero fue hasta 1995 cuando Andrew Wiles (Fig. 3) logró conseguirlo usando otro importante resultado conocido como el teorema de Taniyama-Shimura. En conclusión, más de 350 años tuvieron que pasar para que este resultado dejara de ser un “falso positivo”.

2.3. ¿Cómo sabemos que la demostración es correcta?

Es importante hacer notar que muchas de las veces pasar de una conjetura a un teorema, es decir, obtener la demostración, más que tiempo lo que requiere es el desarrollo de herramientas matemáticas nuevas. Por ejemplo, para el teorema fundamental del cálculo se logró obtener su demostración hasta que se desarrolló el cálculo diferencial e integral usando el concepto de límite mientras que para el de Fermat se logró cuando se probó la conjetura de Taniyama-Shimura.

Actualmente, antes de que los trabajos sean publicados en una revista científica, se pasa por varios filtros. Hay discusiones entre colegas, los resultados se publican en internet para que otros u otras puedan verlos, se someten a publicación a revistas especializadas donde las o los editores los envían a expertos o expertas en el área para su revisión. Pero, y si las herramientas son demasiado recientes y novedosas: ¿Quiénes las conocen? ¿Cómo se verifica la veracidad de los teoremas matemáticos?

Estas mismas preguntas se las debió haber hecho Vladimir Voevodsky (Fig. 4), matemático ruso quien, en su tesis doctoral marcó el inicio de una línea de investigación en geometría algebraica que le valió para que en el año 2002 ganara la medalla Fields, distinción que otorga la Unión Matemática Internacional a aquellos o aquellas matemáticas menores de 40 años, que han realizado descubrimientos sobresalientes en esta disciplina.



FIGURA 4. Vladimir Voevodsky.

En 1998 el matemático Carlos Simpson publicó un trabajo en el que, a través de un complicado ejemplo, desmentía un resultado que Voevodsky publicó junto con Kapranov en 1990. El trabajo de Voevodsky era tan especializado y técnico que quienes revisaron su trabajo no se dieron cuenta del error, y fue él mismo quien encontró la falla 15 años más tarde. “No es que haya algún vacío en la prueba. Es que el teorema principal está claramente equivocado”, dijo. “Habíamos probado que una afirmación era verdadera en todos los casos difíciles, pero resultó ser falsa en el caso simple. Nunca nos molestamos en comprobarlo”. Este no fue el único error detectado en los trabajos de Voevodsky. En el año 2000 se detectó una inconsistencia en un trabajo de 1993 que había sido revisado y aplicado repetidas veces por expertos. Afortunadamente, fue un error menor que Voevodsky corrigió dando una demostración diferente a los mismos resultados.

El mismo Voevodsky comentó una preocupación legítima que se ha visto a menudo cuando las investigaciones matemáticas son nuevas, técnicas e innovadoras. En resultados nuevos y complicados las y/o los revisores se vuelven flojos. Argumentos técnicos y difíciles realizados por autores y/o autoras confiables y que se parecen a otros resultados que se sabe son correctos casi nunca son verificados con el debido cuidado que se requiere.

El trabajo de una o un matemático es complicado, lento, arduo, pero a su vez fascinante. Las matemáticas son un conjunto de reglas y conceptos abstractos que han sido creados por el ser humano a lo largo de su historia y gracias a esa creación, que en principio no tendría porque servir para nada, se ha podido explicar al mundo y su naturaleza.

2.4. Descubrimientos frustrados en física

El desarrollo de la física teórica discurre paralelo al de las matemáticas, ora anticipando, ora reflejando su cauce. Pero además de la demostración, que indica la solidez conceptual y consistencia interna de las ideas, una ciencia empírica requiere del contraste experimental para seleccionar las teorías y modelos.

El falso positivo en matemáticas esconde un razonamiento incorrecto: por ejemplo, una demostración que se acepta como correcta pero que contiene una falla lógica que eventualmente es revelada. Pero la ciencia empírica ofrece un catálogo de fallos mucho más vasto. Además de razonamientos fallidos, podemos tener un problema de definición: experimentos que parecen mostrar fenómenos inconsistentes o contradictorios resultan no ser genuinamente compatibles y en realidad estar explorando distintos aspectos de la realidad.

Por otra parte, la realidad del trabajo experimental es que los experimentos ideales no existen: los laboratorios están sujetos a influencias externas de todo tipo que impactan las mediciones y pueden mitigarse, pero nunca eliminarse del todo. Para aislar nuestros instrumentos, serían necesarias condiciones –temperatura cero, un vacío perfecto, la ausencia de gravedad y atmósfera– que serían también incompatibles con la vida humana.

El ruido de las fluctuaciones estadísticas inherentes a nuestros inexactos experimentos producen señales que pueden confundirnos y hacernos ver un descubrimiento donde no lo hay, así como somos capaces de reconocer rostros en las rocas talladas por la erosión. Nuestros experimentos están diseñados para encontrar patrones en un mar de datos y el azar puede, al menos por un tiempo, conspirar para producir patrones difícilmente distinguibles de una señal verdadera. Este tipo de falsos positivos comúnmente se atenúa y eventualmente desaparece en la medida en que más datos aparecen se añaden y suavizan las anomalías estadísticas. Cuando, el contrario, el descubrimiento es genuino, la señal tiende a hacerse más clara y definida con el tiempo.

Así como nuestros instrumentos, también nosotros nos hemos adaptado para detectar patrones; ésta adaptación, vital para nuestra supervivencia, en el trabajo científico puede manifestarse en forma de sesgos cognitivos. A fuerza de esforzarnos en buscar, podemos convencernos de que hemos encontrado; parafraseando a Richard Feynman, la persona más fácil de engañar es uno mismo. Por ese motivo, el experimental debe extremar cuidados, cegar sus análisis, observar con suspicacia las putativas señales y esperar la confirmación de un experimento independiente.

3. El efecto Mpemba

El efecto Mpemba es el nombre que se le da a la afirmación de que “*el agua caliente se congela más rápido que el agua fría*”, es decir, es más rápido congelar el agua a una determinada temperatura cuando partimos de una temperatura inicial más alta. En otras palabras, el efecto Mpemba ocurre cuando dos masas de agua idénticas en todo aspecto, excepto en la temperatura (una más alta que la otra) son expuestas a condiciones idénticas por debajo de cero grados Celsius y entonces el agua de temperatura inicial más alta se congela primero. Aunque esta afirmación parece contra-intuitiva, este efecto ha sido observado en numerosos experimentos y las referencias al efecto Mpemba se remontan al menos a los escritos de Aristóteles, Francis Bacon y Descartes [5]. El efecto Mpemba ha sido objeto de numerosos artículos internacionales y fue el tema central del concurso organizado en 2012 por la Royal Society of Chemistry (RSC) el 10 de enero de 2013, y que recibió una publicidad muy sonada.

El fenómeno hoy día se conoce como el efecto Mpemba, llamado así por Erasto B. Mpemba un estudiante de escuela secundaria en Tanzania. Según cuenta la historia, el joven Mpemba y sus compañeros usaban leche evaporada para hacer helado; él observó que al poner su mezcla caliente sin esperar a enfriarla antes de guardarla en el refrigerador, su mezcla se había enfriado primero que el resto de mezclas previamente enfriadas. El joven Mpemba preguntó a su profesor por una explicación para este efecto confuso y contra-intuitivo que había observado, pero la explicación que recibió, al igual que el efecto, fue confusa e incompleta. Mpemba realizó aún más experimentos con agua y con leche obteniendo resultados similares. Cuando el Dr. Osborne, un profesor en una

universidad cercana, visitó la escuela de Mpemba, el chico le preguntó lo siguiente “¿por qué el agua a 100°C se congela más rápido que agua a 35°C ?”. Después de regresar a su universidad, Osborne pidió a un técnico que probara experimentalmente la pregunta del joven Mpemba. El técnico informó que el agua que comenzó con una mayor temperatura, efectivamente se congeló primero y agregó en un momento de entusiasmo no científico “*Pero seguiremos repitiendo el experimento hasta que obtengamos el resultado*”. Más experimentos dieron resultados similares, y Mpemba y Osborne publicaron posteriormente sus resultados. En el mismo año, el Dr. Kell de Canadá informó de forma independiente el fenómeno, junto con una explicación teórica.

El efecto se volvió conocido en diferentes partes del mundo al punto de sugerir que una pista de patinaje debe inundarse con agua caliente porque se congelará más rápidamente o que en la mañanas de invierno los automóviles deben lavarse con agua fría y no con agua caliente porque se congelaría más rápidamente. En mecánica de fluidos se hicieron afirmaciones como que en invierno era más probable que se congelaran las tuberías de agua caliente que las de agua fría. Tal como se ha podido constatar a lo largo de la historia, las aventuras del joven Mpemba ejemplifican una más de las situaciones en las cuales la observación de un experimento es contra-intuitiva a la explicación científica. La respuesta más sencilla al querer explicar un experimento contra-intuitivo es sospechar o atribuir las causales de error al experimento. Pero este comportamiento en muchas ocasiones obedece al hecho de que siempre se analizan los resultados de un experimento con base en la literatura científica existente. La pregunta correcta sería: ¿de cuál se debe dudar primero, del experimento o de la base científica que se disponga hasta ese momento para explicar el fenómeno?. Aunque no es una pregunta sencilla de responder, a lo largo de la historia de la Física, se ha observado que muchas veces se tienen que esperar varios años para que un planteamiento teórico sea confirmado por medio de experimentación (por ejemplo, la teoría de la relatividad general o el bosón de Higgs) y en otros casos, es el experimento el que sugiere que se hagan ajustes a los modelos matemáticos.

3.1. ¿Se considera el efecto Mpemba un falso positivo de la ciencia?

Para analizar el efecto Mpemba, primero debemos plantear con mayor precisión la pregunta: “¿El agua caliente se congela más rápido que la fría?”. Como versa el viejo adagio popular, *el diablo está en los detalles*, por ejemplo:

i) ¿Qué tan caliente o qué tan fría debe estar el agua al inicio de mi experimento?

ii) Siempre será más fácil que una pequeña gota de agua caliente se congele más rápido que un metro cúbico de agua fría.

Estos dos puntos parecen muy simples pero sirven para ilustrar la necesidad de plantear con mayor precisión la pregunta. Sin embargo, aunque la pregunta se realice con may-

or precisión siguen habiendo vacíos en su formulación, por ejemplo: si suponemos dos masas de agua idénticas en todo aspecto pero una de ellas se encuentra a milésimas de grado centígrados para que cambie fase y la otra masa se encuentra milésimas de grado de alcanzar su punto de congelación. Entonces podemos decir con toda certeza que el agua fría tardará cuestión de segundos para congelarse y dar una prueba fehaciente de que el efecto Mpemba no existe. Por otro lado, tardaríamos la vida entera para poder probar el espectro de posibilidades para que el efecto Mpemba pueda ocurrir. Al parecer una mejor formulación de la pregunta inicial sería: “¿Existe un conjunto de parámetros iniciales para dos masas idénticas de agua tales que para un un conjunto de temperaturas iniciales diferentes, la masa de mayor temperatura se congele antes que la masa de menor temperatura?”. Aunque esta formulación de la pregunta es más concisa pueden persistir algunas deficiencias. Una vez se logra establecer correctamente la formulación del problema queda muy claro que se está buscando un conjunto de parámetros que permitan restringir el problema de manera que se puedan obtener conclusiones razonables. Esta ha sido una de las problemáticas en las discusiones populares y por las cuales se pudiese catalogar al efecto Mpemba como un falso positivo de la ciencia. Aunque se haga un número grande de experimentos y no se observe el efecto Mpemba, es muy difícil concluir al respecto porque se necesitaría mapear todo el espacio muestral de parámetros el cual en principio sería infinito. Pero no todo está perdido: si encontráramos una muestra representativa del espacio muestral donde podría ocurrir el fenómeno eso sería una evidencia bastante convincente. Por lo tanto, se necesita una lista de parámetros que se podrían variar en el estudio del efecto Mpemba. Podríamos analizar si el recipiente que contiene las muestras tiene tapa, el entorno circundante, la masa de agua, la forma del recipiente, el contenido de vapor de agua dentro del recipiente, entre otros. Estos parámetros afectan la velocidad de congelación, siendo los más obvios el volumen y el tipo de agua utilizada, el tamaño y la forma de los recipientes y la temperatura del frigorífico [6]. Nuevamente, si hacemos una lista de los posibles parámetros a tener en cuenta la lista sería infinita. Sin embargo el ejercicio se puede simplificar mucho por razones teóricas que nos permiten ignorar parámetros como el color del recipiente y la conductividad eléctrica de las paredes del frigorífico. Sin embargo, esto presenta un desafío importante para el experimentador, que en principio tendría que establecer una amplia gama multidimensional de experimentos que involucren estos parámetros [6].

Regresando a la formulación de nuestra pregunta inicial, hasta el momento llevamos algo como: “¿Existe un conjunto de parámetros iniciales –la masa y el contenido de gas del agua, la forma y el tipo del recipiente y el método de refrigeración– de manera que dados dos cuerpos de agua idénticos en estos parámetros, y que difieren sólo en sus temperaturas, el cuerpo caliente se congele antes?”. Finalmente, también está el problema clave de cómo definir el tiempo de congelación: ¿estamos hablando de congelamiento cuando

aparece el primer cristal o cuando toda la masa del fluido se congela? [5, 6]. Al parecer es un problema más sencillo de resolver pero que puede ser crucial para la comprensión del fenómeno.

3.2. ¿Cómo podría ocurrir el efecto Mpemba?

En esta sección discutiremos los más recientes antecedentes teóricos que buscan explicar el efecto Mpemba. Aunque el fenómeno parece ser contra-intuitivo, se han propuesto varias hipótesis para explicarlo. Entre las explicaciones más populares se encuentran las siguientes:

- **Enfriamiento evaporativo:** Ambos cuerpos de agua tienen inicialmente la misma masa. El agua que se encuentra inicialmente a una temperatura más alta pierde masa por evaporación, lo que provocará que la masa de esa muestra disminuya más rápidamente y, por lo tanto, alcance primero la temperatura de congelación [7–10].
- **Gases disueltos:** La mayoría de gases disueltos en muestras de agua alteran sus propiedades físicas y, por tanto, sus características de enfriamiento [11, 12]
- **Sobre-enfriamiento:** Las impurezas contenidas en el agua pueden afectar la temperatura a la que se nucleará el hielo, ya sea de manera homogénea o heterogénea [13–15]. El efecto del sobre-enfriamiento conduce a una dispersión en los tiempos de congelación experimentales, dando resultados que constituyen evidencia de la ocurrencia del efecto Mpemba.
- **Convección natural:** En el mecanismo de convección natural el movimiento del agua a una temperatura inicialmente más alta podría conducir a una mayor transferencia de calor, y en particular a un enfriamiento más rápido del agua que inicialmente está más cercana a la temperatura ambiente [16, 17].

3.3. Encontrando claridad en el efecto Mpemba

Cada una de las complejidades mencionadas anteriormente explican por qué el efecto Mpemba sigue siendo una incógnita hasta el día de hoy. Varios científicos han investigado la afirmación de Mpemba, pero sus resultados siguen sin ser concluyentes. Sin embargo, a pesar de las continuas incertidumbres que rodean el efecto, algunos físicos de universidades prestigiosas como la Universidad de Princeton están de acuerdo en creer en la afirmación de Mpemba. Pero y entonces, ¿qué causa el efecto Mpemba?, científicos expertos en transiciones de fases del agua señalan que podrían haber al menos una explicación obvia para ello. Si los recipientes se dejan abiertos, el agua caliente se evaporará más rápidamente y su volumen disminuirá en comparación con el del agua fría. Por lo tanto, con un volumen menor, el enfriamiento del agua caliente podría superar al del agua fría. Eso debería ser fácil de probar, porque la tasa de evaporación es proporcional al

área de la superficie del líquido. Esto se podría controlar sistemáticamente en experimentos realizados en contenedores con diferente geometrías. Otra explicación es que el proceso de congelación se vea afectado por gases disueltos. El agua caliente generalmente contiene menos gases disueltos que el agua fría, lo que significa que dos muestras que solo difieren en su temperatura inicial no contendrían sustancias “idénticas”. Por lo tanto, pequeñas burbujas de gas pueden proporcionar sitios de nucleación donde cristales de hielo pueden formarse. Esto facilitaría la formación de hielo en el agua fría, un efecto contrario a lo que se espera en el efecto Mpemba. Pero la solubilidad de los gases no polares, como el nitrógeno o el metano, no varía necesariamente con la temperatura, por lo que podría haber rangos de temperatura dentro de los cuales el agua más caliente contiene más gas disuelto. Los experimentos para identificar estas influencias requerirían que el agua se des-gasificara completamente. Adicionalmente, en 1995 se analizó el papel del sobre-enfriamiento en el efecto Mpemba. Pero los resultados que se encontraron solo complicaron aún más las cosas. Se observó que el agua caliente se congeló a una temperatura más alta que la fría y, por lo tanto, en cierto sentido se congeló “primero”. Sin embargo, el agua fría tardó menos en alcanzar su estado sobre-enfriado y, por lo tanto, pareció congelarse “más rápido”. Para aumentar la confusión, estos investigadores habían publicado anteriormente conclusiones contrarias diciendo que el agua caliente puede sobre-enfriarse a temperaturas más bajas que el agua fría. Tales contradicciones continúan haciendo del Mpemba efecto un fenómeno tan desconcertante que ha intrigado a los científicos durante más de dos milenios y que hasta que se resuelva se podrá considerar como un falso positivo de la ciencia.

4. La ansiedad del descubrimiento en el corto intervalo de la existencia

4.1. La trama del descubrimiento

La observación de un fenómeno largamente predicho, como la detección de ondas gravitacionales o la producción del bosón de Higgs, constituye sin duda un descubrimiento. En algunas casos, este es el tipo de descubrimiento más celebrado, porque al realizarse la observación ya está listo el entramado conceptual que permite explicar y asimilar su significado; muchas de las historias de éxito más importantes de la física en las últimas décadas siguen éste argumento. La exploración de las predicciones de las teorías que son dominantes en razón de su efectividad, poder explicativo o prestigio es además una guía para el diseño y construcción de nuevos experimentos. La búsqueda se emprende teniendo ya un objetivo en mente, y el mayor peligro a evitar es la posibilidad de que la expectativa nos conduzca por una ruta estéril; por esta razón, en los experimentos para verificar una predicción teórica, el blindaje más importante es contra los propios sesgos y prejuicios.

Si no tenemos cuidado, un experimento concebido para un descubrimiento ya anticipado encontrará algo aunque no esté ahí; de ahí el minucioso, casi paranoico cuidado puesto en blindar los análisis y en compartimentar el trabajo experimental, sobre todo porque, en los experimentos más grandes, la confirmación independiente se da a través del análisis paralelo de grupos simultáneamente trabajando con la misma máquina. Sería impensable construir un segundo Gran Colisionador de Hadrones, destinado solamente para corroborar.

Pero hay otra trama, más dramática e inquietante, para las historias de descubrimiento: la súbita aparición de una discrepancia ahí donde no se esperaba ninguna, que exige una reconfiguración conceptual que permita hacerle sitio y reconciliarla con el estado del arte. A veces, esta reconciliación resulta imposible, y es preciso modificar radicalmente nuestra comprensión, adoptando una nueva teoría.

A finales de 2015, la actividad en la comunidad de físicos de partículas era más intensa de lo habitual, motivada por un persistente rumor que permeaba las salas de café de todos los departamentos de física: se decía que en los últimos datos, presentados el 15 de diciembre por las colaboraciones ATLAS [18] y CMS [19], había evidencia de un tan inesperado como bienvenido descubrimiento. Por primera vez desde la ascendencia del Modelo Estándar de Partículas a finales de los 70s, parecía haber una clara señal de Nueva Física: eventos que eran imposibles de explicar usando las componentes fundamentales de la materia y las interacciones conocidas.

ATLAS y CMS, dos de los cuatro grandes experimentos que operan en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC por su siglas en inglés) anunciaron en esos días, en reportes internos del CERN [18, 19], que una pequeña señal en sus nuevos datos podría significar la existencia de una nueva partícula,

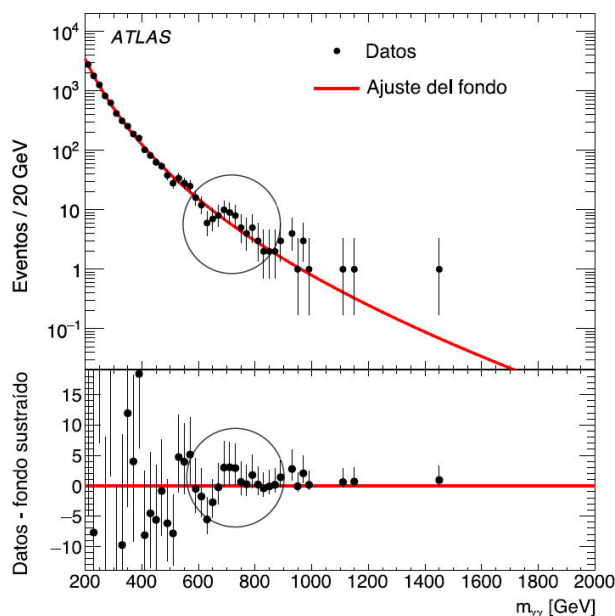


FIGURA 5. Exceso en el canal difotón a 750 GeV en 2015-2016, con la región de interés marcada. (Gráfica de la colaboración ATLAS en arXiv:1606.03833).

similar al entonces recién descubierto bosón de Higgs, pero con una masa unas seis veces mayor (alrededor de $750 \text{ GeV}/c^2$). El exceso de datos aparecía en procesos que contenían dos fotones en su estado final (Fig. 5); por ese motivo se le bautizó como la anomalía del difotón a 750 GeV.

Pocas veces en la historia se puede hablar de descubrimientos que revelan aspectos fundamentales de la naturaleza completamente nuevos y que drásticamente cambian la forma en que vemos el Universo; al final, éste no sería el caso, pero la historia del fiasco resultante alberga lecciones interesantes sobre el proceso contemporáneo de la ciencia y la cultura en la que laboran los investigadores.

Dos aspectos contribuyeron a hacer de este falso positivo, al menos en el contexto de la comunidad de física de partículas, todo un fenómeno histórico y cultural: un mensajero creíble, y una señal plausible.

4.2. El mensajero creíble

El Gran Colisionador de Hadrones es una máquina cuyo diseño fue informado por el conocimiento de frontera de la estructura de la materia a las escalas más diminutas experimentalmente accesibles. Su historia, pese a un comienzo accidentado, es una sucesión de logros científicos y de ingeniería. La planeación del LHC inició en 1984; el diseño conceptual fue concluido en 1995; las primeras pruebas tuvieron finalmente lugar en septiembre de 2008. El 19 de septiembre, pocos días después de que circularan los primeros protones por el acelerador, sucedió un percance que mantuvo detenido el acelerador hasta noviembre de 2009. El problema, que hace manifiesto la precisión ingenieril que exige un proyecto de esta magnitud, surgió por una soldadura deficiente entre dos selenoides que provocaron un puente eléctrico [20]; junto con algunas deficiencias de diseño, esto provocó que hubiera una importante fuga de helio líquido que mantenía a bajas temperaturas el tubo por donde circulan los protones.

A pesar de ello, el 30 de Noviembre de 2009, el LHC rompió un récord mundial al acelerar los protones a una energía de 1.18 TeV por haz. Esto es, un 20 % arriba del récord anterior impuesto por el Tevatron en Fermilab, un acelerador construido cerca de Chicago. En marzo del siguiente año el LHC, también diseñado para acelerar iones de plomo, alcanzó la energía de 3.5 TeV por haz, la mitad de su capacidad límite, colisionando protones a una energía de alrededor de 7 TeV. Pero no sólo la cantidad de energía alcanzada en las colisiones hacía de este acelerador el de mayor capacidad; también la luminosidad de sus detectores (tanto ATLAS como CMS), había alcanzado niveles sin precedente. No sólo el LHC era capaz de colisionar protones a muy altas energías, sino además sus detectores eran capaces de registrar con una gran sensibilidad las partículas resultantes de dichas colisiones.

Después de una breve pausa programada entre finales del 2010 y principios del 2011, el LHC comenzó a operar y registrar eventos donde se redescubrieron las partículas ya conocidas del Modelo Estándar, corroborando la calibración de

los detectores. En abril de 2012, se incrementó la energía de colisión a 4 TeV por haz, alcanzando una energía de colisión de 8 TeV; en ese punto, el LHC se encontraba explorando condiciones extremas de la materia que habían sido antes observadas. La excitación de pisar terreno desconocido nunca había sido tan intensa y su cúspide fue alcanzada cuando el 4 de julio de 2012 se anunció por fin el gran descubrimiento para el cual se había construido el LHC: se había demostrado la existencia del bosón de Higgs, una partícula sin la cuál muchas de las predicciones del Modelo Estándar no tenían sentido.

Esta lista de éxitos explica, al menos parcialmente, el carácter de la respuesta al tentativo anuncio de 2015 y a los rumores que lo rodeaban. Pero hay otro ingrediente esencial que debemos considerar.

4.3. La señal plausible

La física contemporánea es, entre otras cosas, una industria de construcción de modelos matemáticos que puedan responder a las preguntas ante las que el Modelo Estándar de partículas se ve impotente. La exploración sistemática de la física detrás del Modelo Estándar requiere alterar, de manera controlada, cada una de las hipótesis sobre la que se sustenta el Modelo Estándar. Esto puede significar aumentar la lista de partículas involucradas (también llamada el contenido de materia) o el carácter de las interacciones entre ellas. Genéricamente, estas alteraciones predicen señales en nuestros aceleradores que revelan la presencia de éstas nuevas partículas, o muestran inconsistencias con las predicciones de la física conocida, produciendo por ejemplo procesos físicos que en el Modelo Estándar no suceden.

Concebimos el trabajo científico como un proceso mediante el cuál una idea teórica desemboca en una predicción que habrá de enfrentarse a un desafío experimental, y según el desenlace, vivirá para pelear otro día o por el contrario será desechada. Pero, como hemos visto, ese contraste experimental puede requerir décadas de trabajo y la exitosa resolución de enormes retos tecnológicos y de ingeniería. Mientras tanto, los físicos teóricos no están ociosos, y las teorías que producen pueden aparecer, crecer y menguar sin encontrarse con el contraste experimental. El prestigio y popularidad de una idea, y aún más importante, las horas de trabajo humano dedicadas a ella, depende no sólo de su éxito descriptivo, sino también de otros criterios lógicos y estéticos; algunas ideas ya añejas siguen mostrando un gran vigor teórico, influyendo en subsecuentes construcciones teóricas y moldeando las expectativas de una comunidad científica.

Los rumores alrededor del anuncio de 2015 no sólo sugerían que podría tratarse de un resultado importante, casi equiparable al descubrimiento de Higgs, sino que además apuntaban a una señal largamente esperada, el primer nuevo estado externo al Modelo Estándar. Y aumentando el interés, la masa a la que esta potencial nueva partícula parecían cuadrar con dos sueños largamente acariciados por la comunidad de física de partículas.

Hay dos ideas que figuran prominentemente entre las más estudiadas en las últimas décadas, dos ideas que parecen encerrar la promesa de contestar algunas de las preguntas fundamentales ante las que el Modelo Estándar queda mudo: la supersimetría y las dimensiones extras. No es extraño que poco tiempo después del anuncio de LHC aparecieran modelos que intentaban utilizar estas ideas para explicar la anomalía en los datos. Y esta es la segunda razón que convirtió a la anomalía del difotón a 750 GeV en un fenómeno cultural en la comunidad de física de partículas: se trataba de una anomalía que resultaba inexplicable en el contexto del Modelo Estándar, pero que podía hacerse consistente con teorías supersimétricas o con dimensiones extra.

El paradigma actual de la Física de Partículas es el llamado Modelo Estándar. Con este modelo es posible entender tres de las fuerzas fundamentales, y la totalidad de la materia más cercana a la experiencia humana, con una tabla periódica que incluye tres leptones cargados (el electrón y sus dos compañeros más pesados, el muón y el tau), tres neutrinos (uno por cada leptón cargado) y seis quarks, dos de ellos los componentes del neutrón y el protón. Los elementos que definen a una teoría de partículas, como el Modelo Estándar, son el contenido de materia y las simetrías tanto internas (que mayormente definen sus interacciones) como espaciotemporales que las rigen. Hacer física más allá del Modelo Estándar significa construir teorías que modifican alguno de estos ingredientes.

Los modelos de física de partículas con dimensiones extra modifican la simetría del espacio tiempo; además de las tres dimensiones espaciales y una temporal que nos son familiares, incorpora una o más dimensiones adicionales que permanecen ocultas a través de varios mecanismos, pero que tienen efectos significativos en la estructura de la teoría. El efecto más patente es la presencia de una torre de partículas pesadas, llamadas modos de Kaluza-Klein, que corresponderían a excitaciones en las dimensiones adicionales de las partículas del Modelo Estándar; era fácil suponer que la anomalía del difotón representaba la primer aparición de la más ligera de éstas excitaciones.

La supersimetría puede entenderse como una alteración aún más exótica del espaciotiempo; en este caso, las coordenadas que describen a las dimensiones adicionales no se comportan como números ordinarios, sino como matrices, de modo que su producto deja de ser conmutativo. La consecuencia de éste artificio matemático es, una vez más, la extensión del contenido de materia de la teoría; pero esta vez, en lugar de una torre de partículas semejantes, cada vez más pesadas, tenemos una especie de reflejo especular: a cada partícula de la versión supersimétrica del Modelo Estándar correspondería otra nueva partícula con propiedades complementarias, llamada su súpercompañero. No sólo eso, sino que el número de partículas escalares (como el bosón de Higgs) requerido por la consistencia de la teoría aumenta; uno de estos nuevos escalares sería responsable de la anomalía del difotón.

En ambos casos, ya fuera la nueva resonancia un segundo bosón de Higgs mandado por la supersimetría, o el

primer escalón en la torre de Kaluza-Klein, su descubrimiento prometía revelar la siguiente capa en la estructura fundamental del universo. Es esta consistencia con las expectativas de buena parte de la comunidad lo que hacía a la señal plausible, pese a que señales con la misma significancia habían antes aparecido y desaparecido.

4.4. Espejismo en el desierto de las altas energías

Estos factores se reunieron para producir un notable fenómeno: una versión académica de la fiebre del oro. Entre diciembre de 2015 y agosto de 2016 se publicaron cerca de 700 trabajos sobre el tema en el servidor de preimpresiones arXiv [22] (ver Fig. 6).

Pero la fiesta duró poco; a pesar de que en marzo de 2016, datos preliminares parecían fortalecer la señal, el análisis completo de la siguiente corrida de datos, en lugar de afinar el retrato de la nueva resonancia, empezó a desdibujarlo,

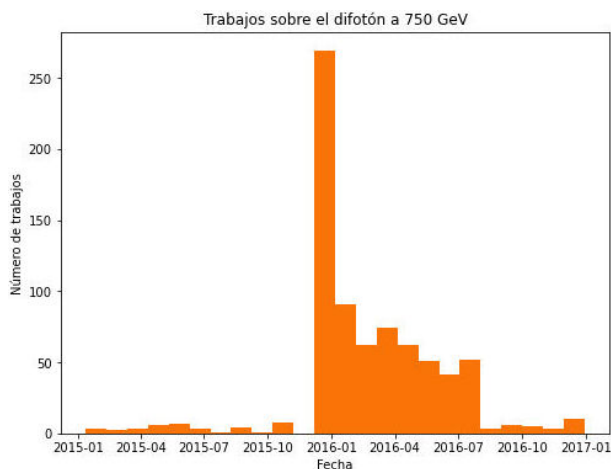


FIGURA 6. Número de trabajos publicados sobre el difotón a 750 GeV en 2015-2016. Elaboración propia con los metadatos reportados en la Ref. [21].

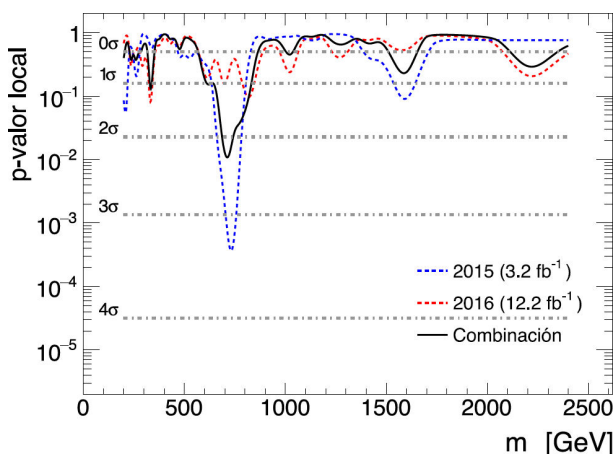


FIGURA 7. En los datos de ATLAS en 2016, la significancia disminuía, haciendo probable que el exceso observado en 2015 fuera simplemente una fluctuación estadística. Las corridas subsiguientes han corroborado ésta hipótesis.

difuminando la esperanza de un descubrimiento que transformara la física de partículas. Los resultados subsiguientes han confirmado la ausencia de la resonancia escalar sugerida por la señal de 2015 (ver Fig. 7).

La construcción de la siguiente generación de aceleradores representa una decisión crucial sobre el rumbo que tomará el área de investigación en física de partículas; identificar las preguntas que estos nuevos aparatos deben contestar, y el marco teórico en el que debemos plantear las preguntas es un paso crucial para tomar éstas decisiones. En el caso del LHC, era fácil señalar al Higgs ausente como una motivación central (aunque no la única), y está motivación permea cada detalle del diseño del experimento. El descubrimiento de una partícula escalar a 750 GeV hubiera proveído una guía similar; en su ausencia, continúa el debate entre favorecer un experimento de precisión o uno que pueda explorar la frontera de las más altas energías posibles.

En toda esta industriosa generación de modelos para explicar algo que en realidad no existía, se puede distinguir algo que ha llevado muchos a dudar sobre la viabilidad misma de seguir haciendo investigación en Física de Partículas de este modo. Es del todo justificado hacer especulaciones cuando se trata de explorar las posibilidades teóricas de la herramienta matemática que poseemos para describir a la naturaleza en escalas cuánticas y con energías muy altas. Sin embargo, la insistencia de explicar algo que no existe cambia completamente el tono de esa actividad teórica. Vista en perspectiva, la anomalía 750 GeV no tenía nada de especial comparada con otras del pasado que también desaparecieron. ¿Porque tuvo tanto revuelo comparada con las anteriores?. Sólo se puede explicar a través del estado actual en el que se encuentra la comunidad de físicos de partículas y las condiciones sociales y económicas que se les han impuesto. Hay un ambiente que obliga a todo profesional de la Ciencia a ceñirse a la absurda máxima de “publicar o morir”. Ya en muchos lugares se ha hablado de cómo las expectativas de los descubrimientos sobrepasan los hechos en si, de cómo algunos sectores presionan por descubrimientos con el menor costo posible de tiempo y recursos. El pragmatismo de los que toman decisiones sobre el financiamiento de los proyectos científicos han obligado a los investigadores a matizar sus predicciones en aras de seguir siendo apoyados.

Las promesas de un descubrimiento son mas efectivas para ser financiados que la cautela necesaria al difundir sus especulaciones teóricas. La física de partículas, como toda la Física es un definitiva una ciencia experimental, donde hacer una descubrimiento nuevo cambia para siempre nuestra visión del Universo. Ser el que propone la teoría que explique un nuevo descubrimiento garantiza ser plasmado en libros de texto del futuro.

Pero tales acontecimientos son raros en la historia de la humanidad. Es por eso que este último siglo ha sido extraordinario en muchos sentidos, ya que durante el siglo XX y en los años que han transcurrido del XXI, se han hecho descubrimientos clave que confirman las predicciones teóricas del último siglo de la Física Fundamental. En una sociedad

acostumbrada a dicho ritmo de descubrimientos y con instituciones científicas cada vez más controladas, existe la impresión de que descubrir cosas de la naturaleza es un asunto de dinero simplemente. La realidad es que el avance científico depende de muchas otras cosas más, tanto tecnológicas como culturales.

Este fenómeno de la anomalía 750 GeV, que se dio en la comunidad de físicos de partículas, no puede explicarse si no se toma en cuenta su sociología. La competencia entre físicos para mantenerse vigentes junto con la lucha por tener un lugar en la historia, le obstaculiza el paso a la reflexión y preparación necesaria que requiere una revolución científica. Es cierto que un eventual descubrimiento sucederá, pero bien puede llevar varias generaciones en ocurrir. En los tiempos actuales la cautela puede significar quedar fuera de los apoyos o el prestigio del momento. Por otro lado, los saldos de equivocarse también pasan factura a esa comunidad. Algunos están dispuestos a pagarla aunque eso cierre caminos a las generaciones futuras de investigadores.

5. ¿Qué tan científico es un pseudo-científico?

5.1. Antecedentes

Cada cierto tiempo aparece un científico, uno entre miles, que parece destinado a ser el siguiente en dejar plasmado su nombre en los libros de texto básicos que los alumnos de licenciatura o incluso de niveles educativos más elementales consultarán por muchas generaciones. Un científico que bien podría ser el siguiente rockstar de la ciencia, tal y como le sucedió a Einstein o a Hawking. Sin embargo, estas luminarias de la ciencia se caracterizaron porque, independientemente de sus características físicas, su elocuencia o sus ocurrencias en público, hicieron contribuciones muy importantes a la ciencia. Así ocurrió a inicios del siglo XX, en 1905, el “annus mirabilis” o año milagroso de Einstein cuando en un arranque de inspiración publicó cuatro artículos que abarcaban desde el efecto fotoeléctrico, el movimiento browniano, la equivalencia entre masa y energía, y la teoría de la relatividad especial. En la segunda mitad del siglo XX llega Stephen Hawking, una persona en la que se mezclaron sus innovadoras contribuciones científicas, como persona fue un ejemplo de superación para muchas personas aquejadas con enfermedades degenerativas, asimismo se caracterizó por su labor incansable como divulgador de la ciencia.

Ahora hablemos de otro personaje, quien seguramente iba a dominar la primera mitad del siglo XXI en el campo de la Física, en particular del estado sólido y la nanotecnología. Muchos le auguraban un estatus similar al de los casos previamente mencionados debido a sus contribuciones científicas. Jan Hendrik Schön es su nombre. Schön era un joven estudiante alemán graduado de la Universidad de Constanza, en Alemania. Si Einstein publicó 4 artículos científicos en 1905, seguramente no le “ganaría” a Schön, quien a la corta edad de 31 años ya se encontraba en las grandes ligas de la ciencia publicando cantidades industriales de artículos en Nature o

Science (¡tan solo en 2001 publicó 8 artículos en estas revistas!).

Ahora bien, ¿qué fue lo que ocurrió?, ¿por qué nos detenemos a revisar la historia de Schön?, y sobre todo, ¿qué podemos aprender? Lo que pasó fue que Schön, quien en ese momento se encontraba en los laboratorios Bell, en Nueva Jersey, era una persona capaz de transformar las propiedades de los materiales al aplicarles un campo eléctrico [23]. En principio, esto no es malo desde el punto de vista legal, ni es pecado desde la perspectiva de un creyente de algún rito religioso y tampoco viola las leyes de la naturaleza, en particular de la Física. Analicemos más a fondo la última afirmación, buscando algún falso positivo. Schön construyó transistores de alto rendimiento utilizando plástico y carbón, marcando un importante avance tecnológico superior a la tecnología de ese momento basada en silicio. Entre sus aportes se encontraba aquél transistor compuesto por una capa delgada orgánica, que al ser sometida a un campo eléctrico se comportaba como un transistor a escala molecular. Además, tuvo la asombrosa capacidad de concebir al primer láser eléctrico orgánico. También había reportado sus avances en la tecnología de superconductores, entre otros campos.

De forma natural, algunos investigadores se sintieron atraídos por sus resultados y quisieron corroborarlos en sus respectivos laboratorios. Aquí es donde la cosa empezó a llamar la atención, quizá aún más que el descubrimiento que se buscaba verificar: Nadie era capaz de reproducir los resultados. Conforme los meses pasaban eran cada vez más los grupos de investigación alrededor del mundo reportando la imposibilidad de corroborar los resultados reportados por Schön, lo cual llegó a los oídos de Laboratorios Bell. En mayo de 2002, en Laboratorios Bell, se formó un comité para investigar “la posibilidad de mala conducta científica, la validez de los datos y si en los artículos de Hendrik Schön se utilizó o no la metodología científica adecuada, que están siendo desafiados por la comunidad científica”. Los miembros del comité eran M.R. Beasley, S. Datta, H. Kogelnik, H. Kroemer y D. Monroe [24].

5.2. El dictamen

Los resultados de la investigación fueron demoledores y su carrera en vertiginoso ascenso se encontró de pronto en plena caída libre. Vale la pena describir lo que reportó el comité [24]:

1. Hendrik Schön era un persona muy trabajadora y un científico productivo.
2. Schön realizó casi todo el trabajo de forma solitaria, incluyendo la fabricación de dispositivos, mediciones y análisis de datos.
3. Schön no tenía una bitácora de laboratorio formal, tampoco contaba con datos originales de sus mediciones. Alegó que su computadora no tenía espacio de almacenamiento suficiente y había ido borrando sus datos más antiguos conforme recolectaba más información.

4. Había fuerte evidencia de manipulación de datos y de gráficas en todas las formas imaginables. Por ejemplo:

a) Sustitución de datos “por error”. Por ejemplo, en los siguientes artículos: Jan Hendrik Schön, Hong Meng, Zhenan Bao, Self-assembled monolayer organic field-effect transistors, *Nature* 413 (2001) 713-716 [25] y J. H. Schön, S. Berg, Ch. Kloc, B. Batlogg, Ambipolar Pentacene Field-Effect Transistors and Inverters, *Science* 287 (2000) 1022-1023 [26], en las Figs. 2 de ambos trabajos ¡parecen las mismas curvas para dos gráficas que en principio tratan de temas completamente diferentes (se aprecia el mismo ruido experimental, cosa que es totalmente improbable que suceda. Ni siquiera el mismo sistema experimental medido dos veces consecutivas tendrá el mismo ruido)!. Claro está que si uno observa ambas gráficas, notará que son las mismas curvas experimentales pero reescaladas por algún factor, una con respecto a la otra. Pero la cosa no queda aquí, en el informe del comité liderado por el Prof. Beasley, reportan un tercer artículo (J. H. Schön, Ch. Kloc, R. C. Haddon, B. Batlogg, A Superconducting Field-Effect Switch, *Science* 288 (2000) 656-658) en el que se muestran estas mismas curvas para otro artículo que trata de otras cosas [27].

b) Datos experimentales que ajustaban a la perfección con la teoría. En este caso, en la Fig. 1 del trabajo titulado J. H. Schön, Ch. Kloc, T. Siegrist, M. Steigerwald, C. Svensson, B. Batlogg, Superconductivity in single crystals of the fullerene C_{70} , *Nature* 413 (2001) 831-833 [28] los autores presentaron una curva de resistencia vs. temperatura. El comité expuso en el dictamen que dicha curva era anormalmente muy buena para provenir de un experimento. Cuando hicieron una análisis más detallado de esos datos, concluyeron que tal información no provenía de un experimento. Al cuestionar a Schön, él inicialmente argumentó que había usado un algoritmo de suavizado (“smooth”) pero finalmente reconoció que los había generado analíticamente.

5. Adicionalmente el comité encontró varios datos “sospechosos” que eran parte de material que, hasta donde se sabe, aún no había sido publicado. De modo que nunca sabremos si eventualmente iban a traer más quejas por parte de la comunidad científica internacional.

Finalmente, Jan Hendrik Schön no pudo sostener más la situación, no fue capaz de defender sus trabajos ni de presentar evidencias a su favor.

En el año 2002, Laboratorios Bell lo despidió. Schön retornó a Alemania con la intención de seguir haciendo cien-

cia pero alguien del laboratorio al que pertenecía durante su doctorado le sugirió dedicarse al trabajo en la industria. En 2003, la Universidad de Constanza le retiró el grado de doctor, mientras que la Sociedad Alemana de Investigación le prohibió recibir recursos de investigación durante los siguientes 8 años como se describe en la Ref. [23]. Por otra parte, todo el peso de las sanciones recayó sobre él, ninguno de sus colaboradores y coautores fue inculcado. Se había acabado su estrella y descendió a los rincones más oscuros y olvidados de la ciencia.

5.3. Reflexiones

Después de meditar un poco sobre este caso, uno debería preguntarse las siguientes cosas sobre el proceder de Schön: ¿Qué o quién lo motivó a actuar así? ¿Quería fama, poder o dinero? ¿El extenuante y asfixiante sistema de investigación, popularmente conocido como *publish or perish*, fue el causante? Quizá nunca lo sabremos.

6. Conclusiones

En este trabajo de divulgación se realiza una discusión en torno a temas de mucha relevancia en la actualidad científica como lo son, las investigaciones que en sus inicios son considerados como aciertos científicos y/o tecnológicos y que con el tiempo se convierten en desaciertos. El implacable escrutinio de la sociedad científica, la falta de consistencia teórica o la falta de reproducibilidad experimental terminan generando desconfianza con respecto a los resultados reportados. Este hecho vuelve muy debatibles los resultados y finalmente terminan siendo considerados resultados confusos que generalmente se convierten en lo que denominamos en este documento como “*falsos positivos de la ciencia*”.

Cada uno de los casos ejemplificados en este manuscrito nos muestra como la información publicada en artículos de investigación científica que son revisadas y avaladas por pares académicos y grupos de investigación prominentes en el área, muchas veces no son del todo ciertas. De acuerdo con la discusión planteada en este manuscrito, se han generado publicaciones científicas que suelen generar falsas expectativas y distraer la atención de la comunidad científica en torno a resultados que en la mayoría de ocasiones son producto de la imaginación de los autores, en otros casos surgen de la falta de refinamiento teórico o experimental o por falta de rigor y cuidado en las revisiones por pares académicos.

Si, eventualmente, los falsos positivos son identificados a través de los procesos normales de la ciencia, podríamos pensar que más allá de proveer información sobre la cultura y sociología de la ciencia, son esencialmente “inofensivos”; pero conllevan un sustancial costo de oportunidad: la atención de comunidades enteras dedicadas a tendencias científicas efímeras nacidas del error, del accidente o del dolo.

Finalmente, llegamos a la conclusión de que antes de dar por sentado un resultado de investigación a nivel científico

y/o tecnológico en un área específica del conocimiento, debemos ser cuidadosos y muy críticos con respecto a los resultados reportados en el trabajo científico. Por otro lado, se recomienda que una vez aparezcan estos resultados tan “*relevantes*” se revise a detalle la literatura científica relacionada con el tema y se discuta con expertos en el tema abordando diferentes espacios científicos como foros, congresos y seminarios de investigación. Esta sugerencia es con la finalidad de evitar o identificar posibles resultados dañinos que puedan ser denominados a futuro “*falsos positivos de la ciencia*”.

La revisión exhaustiva y la reproducibilidad de los resultados, es una parte intrínseca de la Ciencia para que pueda generarse un consenso en la comunidad científica. La construcción de un cuerpo de conocimiento es una tarea de carácter social en la que, tarde o temprano, cualquier error o fraude termina por ser desechado. La sociedad en general está alejada de dicho proceso por lo cual muchas veces se dan dos visiones contradictorias; una confianza excesiva en resultados provisionales de la Ciencia o una desconfianza total que desemboca en actitudes en contra de cualquier conocimiento científico. Las dos posibilidades traen consecuencias nocivas a la sociedad en general, destacando particularmente la segunda cuando se involucran temas de salud o de justicia social.

La Ciencia ha demostrado en los últimos dos siglos su poder transformador no sólo del entorno sino de la sociedad misma, durante este período de tiempo es cuando se han establecido las comunidades científicas con sus usos y costumbres. La profesionalización y el reconocimiento social de dicho poder ha hecho de ésta el pilar del desarrollo de muchos países. Pero como cualquier comunidad humana, los dedicados a la Ciencia, no están exentos de la influencia de los vaivenes económicos, sociales y culturales. Con la global-

ización de la Ciencia, la lucha por los recursos económicos y el poder de influencia, en ocasiones se establecen condiciones negativas donde el curso normal de la verificación de los resultados se ve afectado.

Cabe preguntarse si es posible suprimir los errores en la Ciencia. Hay que recordar que el error es una parte importante en el avance del conocimiento, la Ciencia no es sólo un conjunto de conceptos, también es una metodología que impulsa la evolución de nuestra visión del mundo. Es esta temporalidad de las verdades científicas, junto con la acción metódica de mejora continua, donde la Ciencia toma su mayor poder.

Los casos mencionados en este artículo son ejemplos de los que se debe aprender, no por ser errores en sí, los cuales son normales en la investigación científica, sino porque es importante ser crítico ante las condiciones sociales o culturales que obstaculizaron el proceso normal de verificación de las conclusiones. Debemos aprender que si bien tarde o temprano la Ciencia se perfeccionará por sus propios métodos, es necesario una sociedad sana que le de el espacio y los recursos para que cumpla tal fin. La lección principal es que cuando la Ciencia es influida por intereses no científicos puede gastar más tiempo y recursos en responder a la sociedad como ésta espera. Los errores son naturales, los falsos positivos son un síntoma de que algo debe cambiar en la sociedad.

Agradecimientos

V.M.T. y M. P.-G. agradecen a la Secretaría de Educación Pública de México (SEP) por la financiación y apoyo a través del programa PROMEP (México), UAEH-PTC-831 y UAEH-PTC-826, respectivamente. Los autores agradecen a Conacyt.

-
1. J.-P. Collette, Historia de las matemáticas (Siglo XXI Editores, México, 2010), Vol. 1.
 2. J. Stillwell, Mathematics and Its History: A Concise Edition (Springer, Cham, 2020), <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55193-3>.
 3. J.-P. Collette, Historia de las matemáticas (Siglo XXI Editores, México, 2007), Vol. 2.
 4. A. Micheli-Serra, De academias y académicos. bosquejo histórico, *Gac. Méed. Méx.* **139** (2003) 281.
 5. M. Jeng, The Mpemba effect: When can hot water freeze faster than cold?, *Am. J. Phys.* **74** (2006) 514. <https://doi.org/10.1119/1.2186331>.
 6. P. Ball, Does hot water freeze first?, *Physics World* **19** (2006) 19. <https://doi.org/10.1088/2058-7058/19/4/32>.
 7. G. Kell, The freezing of hot and cold water, *Am. J. Phys.* **37** (1969) 564. <https://doi.org/10.1119/1.1975687>.
 8. M. Vynnycky and S. Kimura, An analytical and numerical study of coupled transient natural convection and solidification in a rectangular enclosure, *Int. J. Heat Mass Transfer* **50** (2007) 5204. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2007.06.036>.
 9. M. Vynnycky and S. Mitchell, Evaporative cooling and the Mpemba effect, *Heat Mass Transfer* **46** (2010) 881, <https://doi.org/10.1007/s00231-010-0637-z>.
 10. M. Vynnycky and N. Maeno, Axisymmetric natural convection-driven evaporation of hot water and the Mpemba effect, *Int. J. Heat Mass Transfer*, **55** (2012) 7297. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.07.060>.
 11. B. Wojciechowski, I. Owczarek, and G. Bednarz, Freezing of aqueous solutions containing gases, *Cryst. Res. Technol.* **23** (1988) 843. <https://doi.org/10.1002/crat.2170230702>.
 12. J. I. Katz, When hot water freezes before cold, *Am. J. Phys.* **77** (2009) 27. <https://doi.org/10.1119/1.2996187>.

13. D. Auerbach, Supercooling and the Mpemba effect, *Am. J. Phys.* **63** (1995) 882. <https://doi.org/10.1119/1.18059>.
14. S. Esposito, R. D. Risi, and L. Somma, Mpemba effect and phase transitions in the adiabatic cooling of water before freezing, *Phys. A*, **387** (2008) 757. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2007.10.029>.
15. J. Brownridge, When does hot water freeze faster than cold water? a search for the Mpemba effect, *Am. J. Phys.* **79** (2011) 78, <https://doi.org/10.1119/1.3490015>.
16. P. Maciejewski, Evidence of a convective instability allowing warm water to freeze in less time than cold water, *J. Heat Transfer*, **118** (1996) 65, <https://doi.org/10.1115/1.2824069>.
17. M. Vynnycky y S. Kimura, Towards a natural-convection model for the Mpemba effect, in Proceedings of the 19th International Symposium on Transport Phenomena, Reikiavik, 2008, editado por S. Brynjolfsson, O. P. Palsson y J. H. Kim (University of Iceland, Reikiavik, 2008), p. 216.
18. ATLAS Collaboration, Search for resonances decaying to photon pairs in 3.2 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector, ATLAS Report ATLAS-CONF-2015-081, 2015.
19. CMS Collaboration, Search for new physics in high mass diphoton events in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$, CMS Report CMS-PAS-EXO-15-004, 2015.
20. M Bajko *et al.*, *Report of the Task Force on the Incident 19th September 2008 at the LHC*, Report LHC-PROJECT-Report-1168, 2009.
21. R. S. Geiger, *ArXiv Archive, Dryad, 2019*, <https://doi.org/10.6078/D1708G>
22. D. Castelvecchi, *Zoo of theories showcased in publications on LHC anomaly, Nature, (2016)*. <https://doi.org/10.1038/nature.2016.19757>.
23. E. S. Reich, *The rise and fall of a physics fraudster, Phys. World*, **22** (2009) 24, <https://doi.org/10.1088/2058-7058/22/05/37>.
24. M. R. Beasley, S. Datta, H. Kogelnik, H. Kroemer y D. Monroe, *Report of the Investigation Committee on the possibility of scientific misconduct in the work of Hendrik Schön and coauthors, Lucent Technologies, 2002*.
25. J. H. Schön, H. Meng, and Z. Bao, *Self-assembled monolayer organic field-effect transistors, Nature* **413** (2001) 713, <https://doi.org/10.1038/35099520>.
26. J. H. Schön, S. Berg, C. Kloc, and B. Batlogg, *Ambipolar pentacene field-effect transistors and inverters, Science*, **287** (2000) 1022, <https://doi.org/10.1126/science.287.5455.1022>.
27. J. H. Schön, C. Kloc, R. C. Haddon, and B. Batlogg, *A superconducting field-effect switch, Science* **288** (2000) 656, <https://doi.org/10.1126/science.288.5466.656>.
28. J. H. Schön *et al.*, *Superconductivity in single crystals of the fullerene C₇₀, Nature*, **413** (2001) 831, <https://doi.org/10.1038/35101577>.