

**CEPILLAR A CONTRAPELO LA HISTORIA... DE LA CIENCIA:
HEISENBERG A LA LUZ DE LA FILOSOFÍA DE LA HISTORIA DE
BENJAMIN Y LA CRÍTICA DE LA RACIONALIDAD TECNOLÓGICA DE
MARCUSE**

Brushing against the Grain the History... of Science:
Heisenberg in the Light of Benjamin's Philosophy of History
and Marcuse's Criticism of Technological Rationality

Henar Lanza González

Universidad del Norte (Barranquilla, Colombia)

lanzam@uninorte.edu.co

RESUMEN

Cuando el 6 de agosto de 1945 los científicos del proyecto atómico alemán dirigido por el físico Werner Heisenberg escucharon desde su encierro en Farm Hall (Inglaterra) la noticia de que Estados Unidos había arrojado una bomba nuclear que había destruido Hiroshima, comenzó la construcción de la historia: la versión que Heisenberg ofreció en su autobiografía intelectual fue que sabía que el proyecto era inviable a corto y medio plazo y, por tanto, no había riesgo en asumir la investigación. Siguiendo las tesis de filosofía de la historia de Benjamin, pasaré el cepillo a contrapelelo a esta construcción de la historia de la ciencia para sacar a la luz varias razones que la desmontan. Para ello recurriré a la filosofía de la ciencia de Popper, Kuhn y Lakatos y a la crítica de Marcuse a la racionalidad tecnológica. La finalidad es triple: cuestionar la visión de la ciencia sostenida por Heisenberg, mostrar la influencia que ejercen los grandes proyectos científico - tecnológicos sobre el modo de pensar y actuar de los individuos y salvar los dos abismos denunciados por el físico y novelista C. P. Snow, uno entre ciencias y humanidades y otro entre quienes poseen conocimiento especializado y quienes no.

PALABRAS CLAVE: *átomo, fisión, bomba, antisemitismo, violencia, racionalidad tecnológica.*

ABSTRACT

When, on August 6, 1945, the scientists of the German atomic project led by physicist Werner Heisenberg heard the news from their confinement in Farm Hall, England, that the United States had dropped a nuclear bomb that destroyed Hiroshima, the construction of history began: Heisenberg's version in his intellectual autobiography was that he knew the project was unviable in the short and medium term and, therefore, there was no risk in advancing the research. Following Benjamin's theses on the philosophy of history, I will brush against this construction of the history of science to bring to light several reasons that dismantle this construction. To do this I will resort to the philosophy of science of Popper, Kuhn and Lakatos and Marcuse's criticism of technological rationality. The aim is threefold: to question the vision of science held by Heisenberg, to show the influence of the great scientific-technological projects on the way of thinking and acting of individuals and to bridge the two abysses denounced by the physicist and novelist C. P. Snow, one between sciences and humanities and the other between those who have specialized knowledge and those who do not.

KEYWORDS: *atom, fission, bomb, anti-semitism, violence, technological rationality.*

CEPILLAR A CONTRAPELO LA HISTORIA... DE LA CIENCIA:
HEISENBERG A LA LUZ DE LA FILOSOFÍA DE LA HISTORIA DE
BENJAMIN Y LA CRÍTICA DE LA RACIONALIDAD TECNOLÓGICA DE
MARCUSE

EL ÁTOMO, EL HILO ROJO DE LA FILOSOFÍA ANTIGUA A LA FÍSICA CON-
TEMPORÁNEA

El átomo, que nació como un concepto filosófico fruto de la reflexión de Leucipo y Demócrito en los siglos V-IV a.n.e., se convirtió, gracias a la física atómica, en el concepto político del siglo XX (Heimendahl, 1969).

Desde que Max Planck descubrió la cuantización de la energía en 1900 hasta el fin de la II Guerra Mundial en 1945, los físicos descubrieron nuevas partículas elementales (Rutherford el protón en 1918 y Chadwick el neutrón en 1932) que permitieron avanzar en el conocimiento de la estructura del átomo y proponer nuevos modelos atómicos (Thomson, 1904; Rutherford, 1911; Bohr, 1913; Lewis, 1916; Sommerfeld, 1916; Heisenberg, 1925; Schrödinger, 1926; Chadwick, 1932). Sin embargo, esta búsqueda de lo indivisible no permaneció en el ámbito teórico, sino que la antigua preocupación filosófica por hallar lo más fundamental, el principio de todo lo existente, se convirtió, gracias a la experimentación empírica que logró dividir el núcleo del átomo, en el fundamento de las bombas nucleares de uranio y plutonio construidas durante la II Guerra Mundial en Estados Unidos y lanzadas sobre Japón. Es precisamente cuando el átomo pierde la característica que le da nombre, la indivisibilidad, cuando adquiere mayor protagonismo: alcanza su máxima potencia dejando atrás su esencia.

La historia de la física de este periodo fue entrelazada con la historia de Alemania en *La parte y el todo. Diálogos sobre la física atómica (Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik)*, 1969), la autobiografía intelectual que escribió Heisenberg.

En el capítulo “Las partículas elementales y la filosofía de Platón” describe lo poderosamente que llamó su atención la propuesta

presentada en el *Timeo* de asociar los cuatro elementos naturales a cuatro poliedros regulares como modo de expresar la estructura matemática de la materia y reconoce que fue durante la lectura del diálogo platónico cuando empezó a darle vueltas a la idea de que el principio de todo lo material no tenía por qué ser a su vez material, sino que tal vez todo lo existente podía explicarse a partir de un principio formal como la simetría, esto es, mediante la repetición de un patrón. Inversamente, si algo llegaba a ser por repetición, también podría ser dividido; sin embargo, en el mito cosmológico del *Timeo* Platón advierte que

solo un dios sabe suficientemente y es capaz al mismo tiempo de mezclar lo múltiple en lo uno (...) y, al contrario, de disolver lo uno en lo múltiple, pero ningún hombre es capaz de hacer ninguna de estas cosas, ni ahora ni lo será nunca en el futuro. (*Ti.*, 68d)

Según el mito, la decisión de deshacer lo hecho está reservada exclusivamente al dios geómetra que dio forma al mundo, un ser carente de envidia y mezquindad (*phthónos*, *Ti.*, 29a, 29e). “Las obras de las que yo soy demiurgo y padre, porque han sido generadas por mí, son indisolubles, al menos si no es mi deseo” (*Ti.*, 41a). Mediante la fisión del núcleo del átomo el ser humano se convierte en el enésimo Prometeo: desatando lo atado, el hombre iguala su capacidad técnica a la inteligencia del demiurgo en su actividad de artesano cósmico. Pero debido a que la especie humana carece de la bondad divina, las consecuencias de su acción resultan catastróficas. “Todo lo atado puede ser desatado, pero es propio de un malvado querer desatar lo que está unido en una bella armonía y se encuentra en buen estado” (*Ti.*, 41b).

Cuando en 1905 Pierre Curie agradeció en Estocolmo el Nobel de Física que le había sido concedido junto a Marie Curie y Henri Becquerel por sus investigaciones sobre la radiactividad, auguró el peligro de que el radio fuera usado con fines criminales: “y aquí es donde cabe preguntarse si la humanidad se beneficia de conocer los secretos de la naturaleza, si está preparada para

aprovecharlos o si acaso este conocimiento le será perjudicial” (Reid, 1984, p. 117).

Haciendo resonar las palabras de Pierre Curie, exploraré la relación entre ciencia, tecnología y violencia.

DE LA FÍSICA TEÓRICA A LA BOMBA. CIENCIA Y GUERRA

Una economía altamente racionalizada y mecanizada, con la mayor eficiencia productiva, puede también funcionar en pro de los intereses de la opresión totalitaria. (Marcuse, 2001, p. 54)

En una conferencia titulada “La ciencia y la comprensión entre los pueblos”, dictada en 1946 ante los estudiantes de Universidad de Gotinga, Heisenberg (1974) comenzó exponiendo la hipótesis de que la ciencia es internacional y, a continuación, anunció su interés en defender la postura contraria:

la ciencia es nacional, el pensamiento de las distintas razas va por cauces distintos y, en consecuencia, ocurre lo mismo con su ciencia (...) la ciencia debe servir antes que nada al propio país, debe afianzar el poder político de cada nación. (p. 65)

A continuación, Heisenberg reconoce la ciencia natural como el cimiento de la técnica y de la potencia militar. Tras argumentar a partir de su propia experiencia como becario, estudiante e investigador que tuvo la oportunidad de disfrutar de una comunidad científica internacional en distintas ciudades europeas, concluye que de poco sirven las relaciones humanas “cuando se trata de impedir hostilidad y guerras” (1974, p. 21). Heisenberg establece una relación inversamente proporcional entre, por un lado, la importancia de la ciencia en la vida práctica, el bienestar y el poderío y, por el otro, su influencia en la política. Y pone el ejemplo de lo que le sucede al médico, que puede conciliar su actividad profesional con su vida política atendiendo a cualquier persona de cualquier nacionalidad, y el problema al que se enfrentan los físicos, cuyo saber puede servir para construir una bomba. Recordemos que durante la II Guerra Mundial tanto en Alemania como en Estados

Unidos las relaciones internacionales de los físicos eran vistas con recelo; en Alemania la cooperación científica internacional despertaba una desconfianza de tintes xenófobos y la importancia de la ciencia alemana y sus contribuciones a la patria era objeto de discursos y debate público (Rife, 1999).

Esta imbricación de ciencia y política, tan evidente en las guerras, fue especialmente importante en los proyectos atómicos que se desarrollaron durante la II Guerra Mundial, pero en sentidos diferentes para cada bando. Así, mientras el proyecto Manhattan desarrollado por Estados Unidos fue dirigido por los militares, encabezados por el general Leslie Groves, a cuyo cargo estaban los científicos y los técnicos, dirigidos por el físico J. R. Oppenheimer, el club del uranio alemán estuvo dirigido por Heisenberg, quien se quejó de la falta de confianza de los políticos hacia los científicos.

EL SIGLO DE LA CIENCIA

La historia es objeto de una construcción (Die Geschichte ist Gegenstand einer Konstruktion. Benjamin, Tesis de la filosofía de la historia, XIV)

Este papel de la ciencia durante el siglo pasado y sus guerras mundiales (la química en la I y la física en la II) llevó al físico, historiador de la ciencia y filósofo José Manuel Sánchez Ron (2013) a caracterizar el siglo XX como “El Siglo de la Ciencia” debido a lo determinante que esta fue para comprender las dimensiones cultural, social, económica y política, especialmente “las dos guerras mundiales que asolaron el planeta” (pp. 456).

Que la ciencia haya devenido marcador histórico hace necesario, por un lado, ponerla en diálogo con la filosofía de la historia y leer la construcción de Heisenberg desde la propuesta de Benjamin de pasar el cepillo a contrapelo a la historia, en este caso a la historia de la ciencia; y por el otro, comprender la racionalidad tecnológica que determina el complejo engranaje de la ciencia, la tecnología y la historia, para lo cual recurriré a la potencia y la vigencia de la crítica de Marcuse.

Además, tendré en cuenta las siguientes cuestiones propias de la filosofía de la ciencia:

- la hipótesis de Popper (1991) en *Conjeturas y refutaciones* sobre el origen extrafilosófico de los problemas filosóficos (pp. 101-102).
- Los conceptos de “historia interna” e “historia externa” discutidos por Kuhn (1971) en *La estructura de las revoluciones científicas* (pp. 16 y 284) y Lakatos (1987) en *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*: “cualquier reconstrucción racional de la historia necesita ser complementada por una ‘historia externa’ empírica (socio - psicológica)” (p. 11).
- La afirmación de Lakatos (1987) de que “La Filosofía de la ciencia sin la historia de la ciencia es vacía” (p. 11). La segunda parte afirma que la historia de la ciencia sin la filosofía de la ciencia es ciega, pero debido a que no es el objetivo de esta investigación hacer una reconstrucción racional desde el inductivismo, el falsacionismo, el convencionalismo o los programas de investigación científica, sino una revisión crítica de la influencia de la ciencia en la construcción de ese período histórico cuyo punto culminante fue la II Guerra Mundial, recurriré a Benjamin y sus reflexiones sobre el concepto de historia.
- La constatación de que la hegemonía que ostenta la ciencia sobre otras manifestaciones culturales del ser humano divide la sociedad en emisores y receptores (Ordóñez, 2001), algo que, si bien no explícitamente estaba ya presente en los textos de Heisenberg (1962):

Es también cometido de la ciencia hacer ver a los demás lo peligroso que este mundo se ha vuelto y cuánto importa que todos los hombres, con independencia de vínculos nacionales e ideológicos, se unan para hacer frente a tal peligro. (p. 24)

- La llamada a la humildad y el autoexamen hecha por Timothy Morton (2010) en su pensamiento ecológico: si queremos vivir en una sociedad basada en la ciencia, debemos asumir una posible injusticia (*wrongness*) (p. 13).

LA CONSTRUCCIÓN DE HEISENBERG

Articular históricamente lo pasado (...) significa apoderarse de un recuerdo tal y como parpadea en el instante del peligro (sich einer Erinnerung bemächtigen, wie sie im Augenblick einer Gefahr aufblitzt. Benjamin, Tesis de filosofía de la historia, VI)

Heisenberg obtuvo el reconocimiento científico internacional por su contribución a la mecánica cuántica, que le valió el Nobel de Física en 1932, y por haber enunciado el principio de incertidumbre, que afirma que no podemos conocer simultáneamente la velocidad y la posición de una partícula. Esta formulación expresa científicamente una antigua convicción filosófica de los atomistas, quienes afirmaron la naturaleza atómica de la materia al tiempo que nuestra incapacidad de ver los átomos (68 A 9) y de Heráclito, quien escribió: “la naturaleza ama esconderse” (*phýsis krýptesthai philê*. DK B123). Posteriormente Heisenberg fue reclutado por el partido nacionalsocialista para dirigir el proyecto de construcción de la bomba atómica en el Kaiser Wilhelm Institut de Berlín de la Boltzmanstrasse, 20. Dicho proyecto fracasó, Alemania perdió la II Guerra Mundial y Heisenberg escribió *La parte y el todo. Diálogos sobre la física atómica*, que abre con una cita de *Historia de la guerra del Peloponeso*, de Tucídides, en la cual el historiador griego afirma que debido a la imposibilidad de retener en la memoria todos los discursos pronunciados durante la guerra, hizo hablar a los oradores de forma que se preservara el sentido de lo que dijeron.

Mediante el recurso a esta cita Heisenberg establece implícitamente una analogía entre él mismo y el historiador. Y precisamente porque la historia de Alemania es el trasfondo sobre el que Heisenberg entretiene su reconstrucción, surge el problema del

científico devenido historiador y la pregunta por la responsabilidad de los especialistas a la hora de escribir la historia. Esta cuestión es la que hace oportuno seguir la tesis VII de la filosofía de la historia de Benjamin de pasarle a la historia el cepillo a contrapelo (*die Geschichte gegen den Strich zu bürsten*).

Heisenberg (1975) escribe lo siguiente:

Si la aplicación técnica de la energía atómica yace todavía en una lejanía inmensamente distante, a nadie puede perjudicar el que nos ocupemos de ella (...) Aunque no sabemos durante cuánto tiempo podremos controlar como científicos esa evolución, es posible que todavía quede un espacio de tiempo prolongado durante el cual los físicos mantendrán de hecho el control sobre los acontecimientos. (p. 214)

Este pasaje es crucial por cuatro razones: desvela la fantasía de una dedicación despreocupada a la energía atómica en plena guerra mundial, la convicción equivocada de que faltaba mucho tiempo para que esta pudiera ser aplicada, lo contradictorio de creer que a pesar del desconocimiento se puede tener control (término que aparece dos veces en tres líneas) y una concepción de la ciencia dependiente únicamente de los científicos, como si estos trabajaran en una esfera de cristal libre de polución política.

Un poco más adelante retoma la cuestión de que los físicos alemanes podían ocuparse del proyecto atómico sin preocuparse por sus consecuencias porque las condiciones materiales en Alemania eran insuficientes:

Para la obtención del uranio 235 no conocíamos entonces ningún procedimiento que hubiera conducido, con instalaciones técnicas realizables en Alemania y bajo las circunstancias de guerra, a cantidades dignas de mención. Y como además la obtención del explosivo atómico por reactores solo podía realizarse con el funcionamiento de reactores gigantescos a lo largo de muchos años, resultaba claro para nosotros que, en cualquier caso, la fabricación de bombas atómicas únicamente sería posible con un enorme esfuerzo técnico (...) sabíamos ya entonces que en

principio se podían fabricar bombas atómicas y conocíamos un procedimiento realizable, pero juzgábamos que las instalaciones técnicas necesarias debían ser más grandes aún de lo que efectivamente fueron después. (Heisenberg, 1975, p. 222)

Hay una contradicción en afirmar que no conocían el procedimiento para obtener el material de fisión, pero sí para fabricar una bomba atómica, en el último apartado desvelaré lo que subyace a esta contradicción. Heisenberg (1975) concluye que entonces ya estaban en situación de

poder informar sinceramente a nuestro gobierno sobre el estado del problema, y saber al mismo tiempo con toda seguridad que en Alemania no podría ordenarse un intento serio para fabricar bombas atómicas, pues un esfuerzo tan fabuloso hacia un objetivo que se movía en una incierta lejanía, no era, en modo alguno, aceptable para el gobierno alemán dentro de la tensa situación de la guerra. (p. 223)

La nueva inconsistencia es que habría sido imposible informar sinceramente al gobierno del estado del proyecto sin que este hubiera sido suspendido debido a falta de garantía de construcción de la bomba.

En este pasaje está latente un rasgo característico del pensamiento de algunos académicos alemanes durante el ascenso del nacionalsocialismo: la idea de que la ciencia puede mantenerse desvinculada de la política a pesar de que la guerra fue el mayor impulso de los proyectos atómicos.

Antes de sus *Diálogos*, Heisenberg había publicado un artículo en 1947 en *Die Naturwissenschaften* y en *Nature* en el que respondía a la pregunta de por qué Alemania no había intentado construir una bomba atómica y afirmaba que los físicos alemanes habían mantenido el control del proyecto dirigiéndolo hacia la investigación sobre el reactor y que “al final se les ahorró la decisión de si debían o no tener como objetivo la producción de bombas atómicas” (Powers, 1994, p. 433). En octubre de ese mismo 1947, el físico danés Samuel Goudsmit reaccionó con dos textos: uno en

Life, en el que acusaba a Heisenberg de deshonestidad intelectual por intentar ocultar sus errores científicos al haber despreciado la importancia del plutonio y no haber entendido la diferencia entre un reactor y una bomba. Goudsmit acusaba también a C. von Weizsäcker y K. Wirtz de racionalizar su error negando que ellos hubieran intentado hacer un explosivo atómico; el otro texto era una carta que Goudsmit mandó al *Times*, en la que acusaba a Heisenberg de no haber distinguido entre reactor y bomba hasta que hubo leído el informe sobre el proyecto Manhattan redactado por el físico Henry DeWolf Smyth, de donde, según Goudsmit, Heisenberg extrajo los detalles de su artículo de 1947. En definitiva, el físico danés acusaba a los científicos alemanes de ocultar su ignorancia tras unos supuestos escrúpulos morales.

La física vienesa Lise Meitner, quien desarrolló gran parte de su carrera científica en Berlín, escribió que en la Alemania de comienzos del siglo XX los físicos “éramos jóvenes, contentos y despreocupados, políticamente quizás demasiado despreocupados” (Sime, 1996, p. 35). La biografía de Meitner sostiene que “el desinterés e incluso la aversión a la política era tradicional entre los académicos alemanes; desdeñaban su subjetividad y falta de consenso y (...) reconocían que la mejor manera de mejorar sus propias carreras era unirse al establecimiento, no cambiarlo” (Sime, 1996, p. 36). Estaban convencidos de que la mezcla con los asuntos mundanos acabaría con la objetividad de la ciencia, un asunto trascendente. Estos científicos alemanes perfeccionaron el ideal de una ciencia apolítica y libre de valores y el autogobierno de la ciencia.

Cassidy (1992) se pregunta: y entonces, ¿cómo es posible que la investigación supuestamente apolítica adquiriera tanto protagonismo en los objetivos prácticos de un sistema político? Para Cassidy, Heisenberg era representativo de su casta y de la reacción de la casta de “mandarines” (Ringer, 1969) al asalto que sufrió su posición política durante el Tercer Reich de Hitler. Sin embargo, la subestimación de la política por parte de los científicos de esa época fue superada por la subestimación de la ciencia entre quienes no se dedicaban a ella (Jungk, 1958).

A Jungk le parecía paradójico que los físicos alemanes, a pesar de vivir bajo el régimen de Hitler, hubieran podido obedecer la voz de su conciencia y hubieran intentado prevenir la construcción de la bomba, mientras que sus colegas americanos e ingleses, que no estaban tan coercionados, se dedicaron a la producción del arma atómica. Sin embargo, esta apreciación no tiene en cuenta cómo opera en los individuos la racionalidad tecnológica, que llevó a justificar la construcción y lanzamiento de la bomba en nombre de la liberación mundial del fascismo, silenciando (en ocasiones de maneras muy explícitas, ver Oé, 2011) todo debate sobre la destrucción de Hiroshima. (Otra cuestión discutible es la supuesta libertad de la que gozaron los científicos estadounidenses, quienes fueron sometidos a la más estricta vigilancia durante y después del proyecto y, en ocasiones, acusados de ser comunistas y antipatriotas). Así describió Marcuse (2001) cómo se produce este fenómeno:

A medida que las leyes y mecanismos de la racionalidad tecnológica se generalizan en toda la sociedad, desarrollan un conjunto de valores de verdad propia que se consideran buenos para el funcionamiento del aparato y sólo para él. Las proposiciones respecto a (...) el uso de la ciencia y la técnica son verdaderas o falsas en términos de este sistema de valores, o sea, en términos de instrumentalismos que dictan sus propias necesidades. (...) Podemos llamar a este conjunto de valores de verdad la verdad tecnológica, tecnológica en el doble sentido de que es un instrumento para la conveniencia más bien que un fin en sí mismo, y que sigue una forma de comportamiento tecnológico. (p. 65)

Marcuse describe cómo la racionalidad tecnológica sobrepasa su propio contexto y va imponiendo sus valores de verdad en cada uno de los ámbitos a los que se va extendiendo, que van siendo colonizados por la lógica de la instrumentalización. Esta fue la lógica que llevó a Estados Unidos a lanzar las bombas sobre Hiroshima y Nagasaki a pesar de que Japón ya había perdido la guerra: había que probar el arma una vez armada (y, de paso, lanzar un mensaje a la

Unión Soviética). Esta seducción que la técnica ejerce sobre el ser humano quedó sintetizada en las palabras de Oppenheimer recogidas en *Memoria del mal, tentación del bien*: “puesto que el proyecto se ha empezado, hay que llevarlo hasta el fin” (Todorov, 2002, p. 281). Este “acicate de la pasión tecnológica” (Sánchez Ferlosio, 2007, p. 298) implica que “cuando la flecha está en el arco, tiene que partir” (2007, pp. 77-114). Que Estados Unidos hubiera hecho explotar la bomba atómica en el desierto de Nuevo México tras la rendición del Tercer Reich habría sido solo eso, una explosión en el desierto. Sin embargo, Estados Unidos quería que la bomba entrara en la Historia “por la puerta grande de su argumento capital: la guerra” (Sánchez Ferlosio, 2007, p. 299). Es en este entrelazamiento de la reflexión sobre ciencia, tecnología, historia y violencia donde hay recuperar la tesis VII de Benjamin: no hay documento de cultura que no sea documento de barbarie (*Es ist niemals ein Dokument der Kultur, ohne zugleich ein solches der Barbarei zu sein*).

ALGUNAS RAZONES DEL FRACASO DEL PROYECTO ATÓMICO ALEMÁN

A continuación, seguiré la propuesta de Lakatos de llenar la filosofía de la ciencia con la historia de la ciencia con el fin de desmontar la construcción de Heisenberg, para lo cual recurriré a razones científicas y extracientíficas puesto que, si bien la historia interna (intelectual) de cualquier ciencia puede entenderse sin acudir a la historia externa, en el caso de la física durante la II Guerra Mundial los factores sociopolíticos no solo enriquecen la comprensión del desarrollo intelectual, sino que fueron determinantes en el hecho de que el proyecto no diera lugar a la bomba. Para comprender los factores externos hay que tener presente que

el manejo rentable del aparato dicta en buena medida la cantidad, forma y clase de bienes que se van a producir, y, por medio de este modo de producción y distribución, el poder tecnológico del aparato afecta la racionalidad entera de aquellos a quienes sirve. (Marcuse, 2001, p. 57)

Esta observación ayuda a entender algunas de las decisiones tomadas por los altos cargos del partido nacionalsocialista a la hora de decidir qué recursos y en qué cantidad se destinaría al proyecto atómico.

I y II. LA MASA CRÍTICA Y EL DISEÑO DEL REACTOR

“La masa crítica es probablemente el factor más importante en cualquier decisión de comprender un programa de bomba atómica” (Powers, 1994, p. 447). Debido a lo escaso y lo costoso del material de fabricación, el uranio 235, la primera pregunta debe ser ¿cuánto hace falta? El equipo de trabajo alemán no consiguió calcular la masa crítica del uranio, qué cantidad mínima se necesitaba para mantener la reacción en cadena una vez iniciada. La masa crítica no es algo fijo, sino que depende de dos factores: la cantidad de uranio enriquecido (U 235) y la forma del reactor. La forma que requiere menos masa es la esfera y aún puede ser reducida si se rodea con un material reflector de neutrones (grafito, plomo, acero, berilio). En cualquier caso, Heisenberg pensó que la masa crítica era muchísimo mayor (Powers, 1994, pp. 445-449) y el diseño del reactor nuclear que propuso era peor que el de Diebner, el físico nuclear que más se aproximó en su cálculo.

Quienes finalmente acertaron a determinar que la masa crítica era de solo unos kilogramos fueron Otto Frisch y el refugiado alemán Rudolf Peierls, quienes trabajaron por cuenta propia en la Universidad de Birmingham sin el apoyo gubernamental (Bethe, Gottfried, Sagdeev, 1995).

La bomba de uranio que se lanzó sobre Hiroshima estaba diseñada a partir de dos masas subcríticas que debían dispararse una contra otra para alcanzar la masa crítica, lo que se llamó “diseño de pistola” (Bethe, Gottfried, Sagdeev, 1995, p. 6). La bomba de plutonio que se arrojó sobre Nagasaki funcionaba por implosión: una esfera subcrítica de plutonio rodeada de explosivos ordinarios. La razón de que esta segunda bomba no pudiera funcionar según el mismo método que la primera es que

si se reunía la masa crítica mediante el diseño de pistola, los neutrones emitidos durante la fisión espontánea iniciarían una reacción en cadena y se liberaría una cantidad de calor enorme, que desactivaría el dispositivo y dejaría solo que se produjese una explosión pequeña. (Bethe, Gottfried, Sagdeev, 1995, pp. 11-12)

Respecto al diseño del reactor es de gran importancia el encuentro de Heisenberg y Bohr en Copenhague. En 1940, los alemanes ocuparon Dinamarca y erigieron el Instituto Cultural Alemán a modo de foco de propaganda del Tercer Reich. Una de las actividades que organizaron fueron reuniones científicas, a una de las cuales, centrada en la astronomía, fue invitado Heisenberg en septiembre de 1941, lo que le mantuvo una semana en Copenhague. Bernstein narra el arduo proceso que le llevó a concluir que el misterioso contenido de la reunión de Heisenberg y Bohr fue precisamente el diseño del reactor nuclear. En un memorándum que Bethe y Teller tuvieron que redactar para Oppenheimer y Grooves dicen textualmente: “El reactor propuesto consiste en hojas de uranio inmersas en agua pesada” (Bernstein, 1995, p. 21). Esta forma de reactor en láminas es la que Heisenberg escogió precisamente porque es la que permite los cálculos más sencillos, a pesar de ser la peor solución práctica, pues el uranio dispuesto en láminas absorbe más neutrones, lo que puede llegar a impedir la reacción nuclear en cadena. Por eso Bernstein concluye que el reactor del que están hablando Bethe y Teller debe de ser el de Heisenberg y que este tuvo que habérselo descrito en Copenhague a Niels Bohr, quien debió de haberlo dibujado para mostrárselo en Los Álamos a Oppenheimer. Además, todos los reactores nucleares alemanes optaron por el agua pesada como moderador de neutrones, frente al carbono usado en el proyecto estadounidense por Szilard y Fermi. “Es como si alguien hubiera estampado *made in Germany* encima de este diseño” (Bernstein, 1995, p. 21). Sin embargo, hay que advertir que Aage Bohr, hijo de Niels Bohr y Premio Nobel de Física en 1975, acompañó a su padre a Estados Unidos y aseguró que su progenitor nunca mencionó este diseño.

III. EL ACELERADOR DE PARTÍCULAS

El acelerador es a la física nuclear lo que el telescopio a la astronomía y el microscopio a la bacteriología. Su finalidad primera es la de estudiar experimentalmente la estructura del núcleo atómico mediante colisiones que originan reacciones nucleares.

El equipo alemán no construyó ningún acelerador de partículas para poder determinar los parámetros del uranio y la velocidad de la reacción. Solo Walther Bothe, físico nuclear experimental que ganaría el Premio Nobel en 1954, advirtió de la necesidad de utilizar los ciclotrones que Alemania tenía a su disposición en Copenhague y en París tras haber ocupado Dinamarca y Francia. Sin embargo, Bothe fue privado de su cátedra en la universidad en 1933, el año que Hitler llegó al poder, por no ser adicto al partido. En 1938 propuso construir un ciclotrón, pero se le ignoró. Solo en 1944, casi al fin de la guerra, se construyó el ciclotrón gracias a la empresa Siemens.

IV. LOS MATERIALES: EL URANIO Y LOS TRANSURÁNICOS

Los elementos utilizados en el Proyecto Manhattan para construir las bombas que se lanzaron sobre Japón son el uranio 235 (“Little Boy”, lanzada sobre Hiroshima el 06.08.1945) y el plutonio 239 (“Fat Man”, lanzada sobre Nagasaki el 09.09.1945).

El uranio ($Z=92$) es el último elemento natural. A partir de él comienzan los transuránicos. El primero es el neptunio ($Z=93$), “un isótopo inestable con dos o tres días de vida media. El neptunio se transforma de nuevo por desintegración beta en otro elemento que tiene 94 protones, es decir, que es más pesado: el temido *plutonio*” (Heimendahl, 1969, p. 264). El plutonio es un transuránico muy estable: su proceso de desintegración radiactiva dura 24 000 años. (Debido a que el U 235 es muy escaso, desde 1945 se usa plutonio 239 resultante del U 238: $U\ 238 > U\ 239 > Np\ 239 > Pu\ 239$ (94 protones y 145 neutrones) (Heimendahl, 1969, p. 265).

Esta es la razón de que tras el uranio no se utilizara el neptunio, sino el plutonio, producido por primera vez en 1940.

En Alemania, Carl von Weizsäcker fue el primero en sugerir el uso de transuránicos para construir una bomba atómica, como demuestra el hecho de que registró una patente. De forma independiente, posteriormente Friedrich G. Houtermans propuso seguir la pista del plutonio. Este hecho muestra la dispersión de las investigaciones alemanas sobre la energía nuclear.

V. EL MODERADOR DE NEUTRONES

Dado que la fisión del núcleo produce la emisión de neutrones de distintas energías y velocidades, si el objetivo es provocar la fisión del U 235, se necesitan neutrones lentos o termales, que tienen la velocidad de la mayoría de las moléculas en condiciones normales de temperatura, esto es, unos pocos kilómetros por segundo. Sin embargo, los neutrones que emite la fisión del núcleo del átomo de uranio “son *rápidos*, con velocidades de muchos miles de kilómetros por segundo” (Ball, 2014, p. 200). Por este motivo es necesario un moderador que los frene sin absorberlos. “La reacción en cadena surge al ‘refrenar’ en la división del núcleo a varios neutrones, que chocan con nuevos núcleos y los dividen, etc” (Heimendahl, 1969, p. 265). Un buen moderador es la cera parafina, que “ralentiza los neutrones de modo que estos pueden ser captados por los núcleos de uranio, provocando su descomposición” (Ball, 2014, p. 200). Otro es el grafito, que impide que los neutrones rápidos sean absorbidos por el escaso porcentaje de U 238 que queda en el uranio enriquecido para que puedan producir fisiones en el U 235, de modo que no se neutralice la explosión nuclear (Navarro Faus, 2012). Pero Heisenberg descartó el grafito el 29 de febrero de 1940 (Fernández-Rañada, 2004) porque no lo consideró un buen moderador de neutrones debido a que no había caído en la cuenta de que su falta de idoneidad se debía a que contenía impurezas, lo que le llevó a sustituirlo por el agua pesada (Heisenberg, 1975), tan costosa como difícil de obtener:

la única fábrica que la producía en todo el mundo era la central de Vemork (Noruega) y a un ritmo de solo 300 litros al mes (Aczel, 2012). Y no fue hasta la ocupación de Noruega en abril de 1940 que los alemanes tuvieron acceso a dicho suministro, el cual se cortó de nuevo en 1943 debido a que los bombardeos de los aliados destruyeron la central (Preston, 2008; Navarro Faus, 2012; Ball, 2014).

VI. HEISENBERG, UN DIRECTOR SIN CARISMA

Se ha barajado como uno más de los factores que confluyeron en el fracaso del proyecto atómico alemán el hecho de que Heisenberg fuera un físico teórico sin experiencia en el laboratorio. Tampoco delegó en quienes sí lo eran, como por ejemplo Bothe, físico, químico, matemático e informático (y futuro Nobel de Física en 1954 junto a Born); o Harteck, quien tras conocer la noticia del nombramiento de Heisenberg como director del proyecto, exclamó:

¿Cómo puede ser líder en cuestiones tan técnicas quien no ha realizado un experimento en toda su vida? ¡Es ridículo! ¡No hay ninguna excusa para ello! Heisenberg es uno de los mejores teóricos de nuestro tiempo y Weizsäcker, además de ser un físico teórico muy bueno y un filósofo, podía expresar muy bien sus ideas, pero ninguno de los dos se había visto envuelto nunca en un gran proyecto experimental. ¿Cómo podrían pensar que serían capaces de dirigir el desarrollo de una nueva tecnología? Hubo ahí un serio error de concepto; es casi increíble. (Fernández Rañada, 2004, pp. 247-248)

En relación con este punto es esclarecedor recordar el problema que tuvo Heisenberg para obtener su título de doctorado: alcanzó la máxima nota en matemáticas y física teórica, una muy buena calificación en astronomía y un suspenso en física experimental porque no fue capaz de responder las preguntas que le hizo Wien, Nobel de Física en 1911, uno de sus profesores. El niño prodigio de la física alemana se tuvo que conformar con la nota mínima y solo gracias a la intercesión de su director, Arnold Sommerfeld,

quien mantuvo una larga y tensa negociación con Wien (Fernández Rañada, 2004; Navarro Faus, 2012).

Uno de los factores que pudo influir en la elección de Heisenberg fue que el físico Erich “Bagge había pedido al director de la unidad de Berlín que consiguiera la incorporación de Werner Heisenberg, pensando que le hacía un favor, ya que sabía que su profesor era reservista del ejército y temía que fuera llamado a filas y enviado al frente” (Aczel, 2012, p. 178).

Sin embargo, Oppenheimer también era físico teórico, pero este hecho no fue óbice para que el Proyecto Manhattan sí alcanzara su objetivo. No se trata, pues, de una cuestión de física teórica o experimental, sino de capacidad de encauzar en la misma dirección y sentido los esfuerzos de los numerosos científicos, ingenieros, técnicos, etc. Parece, entonces, que también hay que tener en cuenta el factor de carisma, liderazgo o simplemente carácter. A. Compton, Nobel de Física en 1927, quien admiraba el trabajo científico de Oppenheimer, alabó aún más su capacidad de organizar todo a una velocidad asombrosa (Jungk, 1958, p. 127). Dos de sus virtudes como director científico del proyecto fueron su capacidad de persuasión y de “ver el punto de vista del otro” (Jungk, 1958, p. 132), dos cualidades que contrastan fuertemente con las descripciones del carácter y comportamiento de Heisenberg.

VII. EL MODELO DE ORGANIZACIÓN

A imagen y semejanza del modelo de la tradición académica germana, basado en cátedras independientes organizadas en torno a una eminencia, la Oficina de Armamento distribuyó el trabajo entre varias sedes en lugar de concentrarlo en una sola. De este modo, el mapa de la dispersión fue como sigue: además de la sede del Kaiser Wilhelm Institut de Berlín, estaba Harteck en Hamburgo, Bothe en el Instituto de Investigación Médica de Heidelberg, Weizsäcker y Wirtz en el Instituto de Física Kaiser Wilhelm de Múnich, junto con Diebner, quien también estaba en el Centro de Investigación del Ejército en Gottow; Heisenberg

en la Universidad de Leipzig (Fernández-Rañada, 2004). Había incluso un laboratorio privado dirigido por Manfred von Ardenne financiado por el Ministerio de Correos (Preston, 2008; Navarro Faus, 2012). Media docena de laboratorios que no solamente dependían de distintos organismos, sino que además debían competir por los suministros debido a la escasez de recursos.

En diciembre de 1941 el Ejército alemán informó al club del uranio de que, a menos que garantizaran el éxito de las investigaciones sobre la fisión, no recibirían más apoyo financiero debido a que se estaba llevando a cabo la larga, costosa y letal batalla de Stalingrado y los Aliados estaban bombardeando Alemania y parte del trabajo consistía en reconstruir los propios laboratorios de trabajo. Finalmente, el Consejo de Investigación del Reich les concedió únicamente una pequeña subvención (Fernández-Rañada, 2004). A mediados de 1944 los bombardeos obligaron a trasladar el Kaiser Wilhelm Institut de Berlín a Hechingen (Heisenberg, 1975) y Haigerloch (Aczel, 2012), provocando una nueva escisión dentro del proyecto.

Esta dispersión y falta de coordinación que impidieron integrar todos los avances contrastan con la organización del Proyecto Manhattan, centralizado en el desierto de Los Álamos (Nuevo México) y dirigido por el general Groves y, bajo su mando, Oppenheimer. No en vano el Proyecto Manhattan fue el modelo de gran proyecto científico-técnico hasta la construcción del gran colisionador de hadrones (LHC) del CERN, laboratorio europeo entre Francia y Suiza.

Para comprender el éxito del Proyecto Manhattan hay que tener presente el hiato que caracteriza la racionalidad tecnológica: por un lado, una aparente oposición a la resignación, que impide que ningún dogma teológico o teleológico interfiera en la lucha del hombre con la materia, permitiéndole experimentar sin inhibición manipulando, rompiendo y cambiando; por el otro, “este experimentalismo suele servir a la tarea de desarrollar mayor eficiencia del control jerárquico sobre los hombres” (Marcuse, 2001, p. 63). Esta falta de correspondencia entre ser y aparecer es lo que hace que la racionalidad tecnológica tome la forma de administración

científica al servicio del control. Así es como la racionalidad ha pasado “de una fuerza que critica a una de ajuste y obediencia” (Marcuse, 2001, p. 64).

VIII. FALTA DE RECURSOS (*APORÍA*)

Cuando Albert Speer, ministro de Armamento y Guerra del Tercer Reich desde 1942, renunció a la construcción de la bomba debido al lento avance del proyecto, la falta de resultados efectivos y la escasez de recursos, nada pudo hacer Heisenberg (Navarro Faus, 2012). Speer escribió que Heisenberg nunca le dio una respuesta final a la cuestión de si una fisión nuclear exitosa podía ser mantenida bajo control con absoluta certeza o continuaría como reacción en cadena (Rife, 1999). En relación con esto Eckert plantea una muy buena pregunta: ¿por qué si Heisenberg no tenía el control de todo el proyecto y, consecuentemente, no podía determinar su curso tal y como lo proclamó después de la guerra, “no confesó su modesto rol, lo cual le habría servido también como disculpa, y en lugar de eso reclamó una ambivalente responsabilidad?” (Eckert, 1990, p. 32).

Este interrogante se suma a la ya de por sí compleja relación de Heisenberg con el partido nacionalsocialista, que incluye haber sido señalado por dos premios Nobel de Física antisemitas: Johannes Stark (Nobel en 1919) le llamó “judío blanco” y defensor de la “judería científica” por explicar la teoría de la relatividad de Einstein (Fernández Rañada, 2004, p. 39 y 2008, p. 182), un modo implícito de cuestionar si era un buen alemán; por su parte, Philipp Lenard (Nobel en 1905) le señaló desde el *Völkischer beobachter* (*El observador del pueblo*, el órgano oficial del partido nacionalsocialista). Todo esto desembocó en un proceso contra Heisenberg que se prolongó durante la década de los 20.

IX. LA POLÍTICA ANTISEMITA NAZI

Este antisemitismo desplegado contra físicos como Plank (Nobel en 1918), Heisenberg (Nobel en 1932) y Sommerfeld (candidato al Nobel de Física) fue solo la punta visible del ascenso de los totalita-

rismos en Europa, que provocó que cientos de científicos tuvieran que exiliarse y emigrar a Estados Unidos, donde recibieron ofertas de trabajo de las principales universidades y centros de investigación del país. Algunos de ellos incluso contribuyeron a que los aliados ganaran la guerra a los países que los persiguieron y los expulsaron.

La política nacionalsocialista contra los judíos provocó que algunos de los mejores físicos alemanes salieran del país (leyes raciales del 7 de abril de 1933, Preston, 2008), por lo que el proyecto de construcción de la bomba tuvo que prescindir de algunos de los mejores físicos. “La salida de Europa comenzó en los primeros días de Hitler. Se estima que entre 1933 y 1938 los nazis desterraron a cerca de dos mil hombres de ciencia de primerísima clase a causa de sus antepasados “no arios” (Cline, 2004, p. 320). Los despidos y migraciones de profesores universitarios e investigadores en los Institutos Kaiser Wilhelm fueron aproximadamente del 25 %: química física (36 %), bioquímica y matemáticas (33 %), biología (8 %); la física ocupó un lugar intermedio (Deichmann, 2020, p. 129). Entre los físicos que perdió Alemania cabe destacar al alemán Hans Bethe, Nobel de Física en 1967, a los húngaros Leo Szilard, John von Neuman y Edward Teller y la austriaca Lise Meitner. El italiano Enrico Fermi, Nobel de Física en 1938, aprovechó el viaje para recoger el premio para huir del fascismo de Musolini hacia la Universidad de Columbia en 1939. Un año después el Gobierno de Estados Unidos le concedió a él y a otros científicos, muchos de ellos refugiados europeos, 6000 dólares para explorar los usos militares de la fisión (Bethe, Gottfried, Sagdeev, 1995). Y fue Fermi precisamente el responsable de la primera reacción en cadena en Chicago en diciembre de 1942, año en el que el presidente Franklin D. Roosevelt se convenció de crear el Proyecto Manhattan tras ser informado del éxito alcanzado en la separación de los isótopos en la Inglaterra de Winston Churchill. El reactor nuclear de uranio de Fermi se convertiría en el prototipo del reactor nuclear de plutonio que se construiría posteriormente en Washington. Finalmente, el director científico del proyecto, Oppenheimer, también era descendiente de judíos

alemanes europeos. Como dice la sentencia griega, “en el principio, el fin”. Pero hay que destacar que hubo quienes rechazaron incorporarse a ningún proyecto bélico, como Lise Meitner, que rehusó el ofrecimiento de participar en el Proyecto Manhattan: “Nunca haré nada por fabricar una bomba” (Sime, 1996; Navarro Faus, 2012, p. 109).

X. LAS ESCUCHAS SECRETAS DE FARM-HALL

Durante la II Guerra Mundial Estados Unidos sacó adelante la misión ALSOS (traducción al griego del apellido del general Groves), dentro de la cual organizó la operación Epsilon con el doble objetivo de conocer cuál había sido el alcance real del proyecto físico alemán y tantear si pensaban ayudar a los soviéticos a construir una bomba (Powers, 1994, p. 440). A su cargo estaba Goudsmit. Al finalizar la guerra se requirió gran cantidad de material y se detuvo e interrogó a gran número de científicos, diez de los cuales fueron llevados a Farm-Hall, una granja cerca de Cambridge en la que se habían instalado micrófonos ocultos por sugerencia de R. V. Jones (Powers, 1994, p. 429), un físico londinense que trabajó para el servicio de inteligencia militar de Inglaterra durante la guerra. Allí se los mantuvo seis meses, el tiempo máximo permitido por la ley inglesa, no en calidad de detenidos, sino a disposición de Su Majestad (Bernstein, 2001). Esos diez eran Max von Laue, Otto Hahn—ninguno de los cuales había participado en investigaciones militares durante la II Guerra Mundial—, Werner Heisenberg, Carl Friedrich von Weizsäcker, Walter Gerlach, Kurt Diebner, Paul Harteck, Erich Bagge, Karl Wirtz y Horst Korsching.

Gracias a la publicación de las transcripciones de esas grabaciones llevada a cabo por parte del físico teórico y ensayista Jeremy Bernstein y el historiador de la ciencia David C. Cassidy sabemos qué fue lo que aquellos diez científicos, ignorando que estaban siendo escuchados, dijeron desde julio hasta diciembre de 1945.

El punto de inflexión se produjo el 6 de agosto de 1945. Ese día escucharon por la BBC la noticia de que el presidente de los Estados Unidos, Harry S. Truman, había ordenado arrojar la bomba ató-

mica sobre Hiroshima. La transcripción de la grabación recoge que Korsching, físico, se mostró admirado por la capacidad del equipo estadounidense de cooperar en una escala tan tremenda, algo de lo que el equipo alemán había sido incapaz. Esta aseveración, si bien despertó el enfado de Gerlach, que se puso a gritar, contó con la adhesión de Hahn y abrió el debate sobre la diferencia abismal entre la cantidad de presupuesto y de personal dedicado por uno y otro bando a los respectivos proyectos atómicos, y fue Heisenberg quien habló de la desconfianza del Estado alemán hacia sus científicos (Jungk, 1958; Powers, 1994, p. 441), pues, y este es el núcleo del problema, *ni aunque hubieran querido* habrían podido fabricar la bomba debido a la problemática relación entre científicos y políticos. Weizäcker respondió que el equipo científico sabía que no podría haber terminado de construir la bomba durante la guerra y Heisenberg matizó que él estaba convencido de que podrían haber fabricado un reactor, pero no una bomba, a lo que Weizäcker replicó que no había que buscar excusas por no haber tenido éxito porque ellos no querían tener éxito, pues aunque hicieron el descubrimiento, no lo usaron, mientras que los estadounidenses sí.

La noticia de la destrucción de Hiroshima fue el detonante de la construcción oficial tejida por Carl von Weizsäcker y Werner Heisenberg según la cual no construyeron la bomba porque no quisieron, no porque no pudieron.

Sin embargo, el químico Otto Hahn llamó a sus colegas físicos unos fracasados. Weizsäcker insiste en la versión que mantendría siempre: “nosotros no quisimos hacerla por cuestiones de principio... si hubiésemos querido que Alemania ganara la guerra, lo habríamos conseguido” (Powers, 1994, p. 441). Pero Otto Hahn no se deja convencer: “no lo creo, y me alegro de que no hayáis tenido éxito... sois unos fracasados, deberíais retiraros” (Powers, 1994, pp. 436 y 437).

La transcripción de la grabación del día siguiente, 7 de agosto de 1945, recoge el dilema de quienes habían participado en el proyecto atómico alemán: de cara a sus compatriotas, no podían reconocer su ineptitud, subrayada por Hahn, así como tampoco

su supuesta estrategia de sabotaje y traición, y de cara a los aliados, no les convenía reconocer que sí habían querido fabricar la bomba. Esta encrucijada fortaleció la construcción iniciada por Weizsäcker el día anterior: “La historia recordará que el desarrollo pacífico de un motor de uranio que funciona fue hecho por los alemanes, bajo el régimen de Hitler, mientras que los americanos y los ingleses fabricaron esa horrible arma de guerra” (Powers, 1994, pp. 441 y 442; Navarro Faus, 2012, p. 122).

Goudsmit estaba convencido de “que Heisenberg y Weizsäcker habrían construido bombas atómicas si hubieran estado en posición de hacerlo” (Jungk, 1958, p. 166). Según Jungk (1958), Weizsäcker había creído que Hitler y su movimiento podían ser los síntomas preliminares de un renacimiento social y religioso admirable. En 1959 uno de esos científicos alemanes, Max Von Laue, Nobel de Física en 1914 y profundo y activo opositor al nacionalsocialismo (Bernstein, 2001; Ball, 2014), escribió una carta a su editor, el químico austriaco Paul Rosbaud, en la que decía:

se elaboró la versión según la cual los físicos atómicos alemanes no querían la bomba atómica, bien porque fuese imposible construirla durante la duración previsible de la guerra, bien simplemente porque no querían. El líder de la conversación era Weizsäcker. No oí ningún argumento basado en consideraciones éticas. Heisenberg estuvo callado casi todo el tiempo. (Navarro Faus, 2012, p. 122)

Weizsäcker fue el único que demostró tener conciencia de sujeto histórico por su capacidad de adelantarse al enjuiciamiento que les esperaba en tanto perdedores de la guerra que habían trabajado para Hitler.

El giro de las conversaciones a raíz de la noticia de la capacidad de destrucción de la bomba aliada desveló lo poco que sabía el equipo alemán respecto a cuestiones fundamentales, dejando en evidencia que la razón por la cual no habían construido la bomba no era la falta de voluntad, sino de conocimientos, medios y coordinación.

Con Hiroshima cayó también el velo que dejó a la vista que el equipo alemán no sabía cómo construir una bomba y provocó que Heisenberg y Weizsäcker dirigieran la cuestión científico-tecnológica hacia la discusión moral.

CONCLUSIONES

La versión oficial de por qué los miembros del proyecto atómico alemán no construyeron la bomba nuclear fue que no querían entregar un arma con ese poder de destrucción a Hitler y al partido nacionalsocialista.

Esta construcción de la historia fue sostenida por Weizsäcker oralmente y por Heisenberg en artículos publicados en alemán y en inglés en 1947 y en su célebre biografía intelectual, *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik*, publicada en 1969.

El protagonismo de Heisenberg en la política científica alemana de postguerra, orientada a conseguir que su país se deshiciera de su armamento nuclear con el fin de mejorar las relaciones internacionales, ayudó a sostener dicha versión desde el final de la guerra en 1945 hasta la divulgación de las transcripciones de las escuchas secretas de Farm Hall.

La publicación de dichas escuchas reveló que la verdadera razón de que no hubieran construido la bomba no fue el resultado de ningún posicionamiento ético, sino del desconocimiento científico-tecnológico, puesto que los físicos alemanes del club del uranio ignoraban cuál debía ser la masa crítica y el diseño óptimo del reactor, qué material fusible utilizar y cuál era el mejor moderador de neutrones.

Según Goudsmit, los científicos alemanes creían estar construyendo una bomba cuando en realidad era solo un reactor.

A estas razones propias de la historia interna, hay que añadir un modelo de organización copiado de la estructura académica (con tantos focos como “mandarines”), totalmente ineficaz para un gran proyecto científico-técnico que requería centralización, colaboración en lugar de competición interna, y liderazgo, tarea que Heisenberg no supo cumplir como director.

A esto hay que añadir las dificultades de trabajar bajo los bombardeos y carecer de suficientes recursos.

Por último, el antisemitismo del partido nacionalsocialista tuvo como consecuencia que la ciencia alemana perdiera alrededor de una cuarta parte de sus especialistas, algunos de los cuales se incorporaron al bando aliado.

La publicación de la transcripción de las conversaciones mantenidas por los miembros del club del uranio alemán durante su encierro en la granja británica de Farm Hall reveló que la construcción, liderada por Weizsäcker y secundada en sus escritos por Heisenberg, nació a raíz de la noticia del lanzamiento de la bomba atómica estadounidense sobre Hiroshima.

La publicación de la traducción de dichas conversaciones fue hecha por el físico teórico británico J. Bernstein y el historiador de la ciencia D. Cassidy, quienes pusieron su saber especializado al servicio de la divulgación tendiendo un puente entre los especialistas y el resto de la población, entre emisores y receptores, uno de los dos abismos denunciados por el físico y novelista inglés C. P. Snow en su conferencia de 1959 *The two Cultures*.

El resultado de seguir la propuesta de Benjamin de pasar a contrapele el cepillo a la construcción oficial de la historia de la física alemana durante la II Guerra Mundial ha arrojado otras razones del fracaso del proyecto atómico alemán distintas a las ofrecidas por Weizsäcker y Heisenberg desde su estatus de mandarines de la ciencia germana, y en ellas se engarzan indisolublemente la historia interna y la historia externa.

Que la ciencia se haya convertido en la cultura hegemónica y haya devenido marcador histórico y que un científico como Heisenberg haya devenido historiador —o así lo haya pretendido—, obliga a iluminar la historia de la ciencia con la filosofía de la historia, en este caso la de Walter Benjamin, para evitar caer en el peligro del que Lakatos nos advirtió: pretender hacer historia de la ciencia y acabar haciendo su caricatura. Precisamente para evitar este resultado en el tratamiento de un episodio histórico que incluyó el exterminio de gran parte de la comunidad judía europea, de la población de

Hiroshima y Nagasaki y de más de 50 millones de seres humanos en toda la Tierra, he recurrido a la crítica de la razón tecnológica de Marcuse, una herramienta para entender cómo tantos individuos en Alemania, Inglaterra y Estados Unidos se plegaron voluntariamente a un tipo de racionalidad con el objetivo de imponer sus valores de verdad o, meramente, de alcanzar el reconocimiento científico. Parafraseando la tesis IX de Benjamin, esos millones de víctimas son las ruinas del huracán que sopla del paraíso hacia el futuro y que llamamos progreso (*Fortschritt*).

REFERENCIAS

- Aczel, A. D. (2012). *Las guerras del uranio. Una rivalidad científica que dio origen a la era Atómica*. F. Meler (trad.). Barcelona: RBA (2009).
- Ball, P. (2014). *Al servicio del Reich. La física en tiempos de Hitler*. J. A. Vitier (trad.). México: Turner (2013).
- Benjamin, W. (1940). *Über den Begriff der Geschichte*. Recuperado de: <https://www.textlog.de/benjamin-begriff-geschichte.html>
- Bernstein, J. (1995). ¿Qué le contó Heisenberg a Bohr sobre la bomba atómica? *Investigación y ciencia*, 226, 16-21.
- Bernstein, J. (2001). *Hitler's Uranium Club. The Secret Recordings at Farm Hall*. Copernicus Books. New York: Springer Verlag.
- Bethe, H. A., Gottfried, K. y Sagdeev, R. Z. (1995) ¿Qué le contó Heisenberg a Bohr sobre la bomba atómica? *Investigación y ciencia*, 226, 9-15.
- Cassidy, D. C. (1992). Heisenberg, German Science, and the Third Reich. *Social Research*, 59(3), 643–661. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/40970709?seq=1>
- Cline, B. L. (2004). *Los creadores de la nueva física: los físicos y la teoría cuántica*. J. Almela (trad.). México: Fondo de Cultura Económica (1973).
- Deichmann, U. (2020). Science and Political Ideology. The Example of Nazi Germany. *Métode Science Studies Journal*, 10, 129-137. Doi: 10.7203/metode.10.13657
- Eckert, M. (1990). Primacy Doomed to Failure: Heisenberg's Role as Scientific Adviser for Nuclear Policy in the FR. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 21(1), 29-58. Doi: 10.2307/27757654

- Fernández-Rañada, A. (2004). *Ciencia, incertidumbre y conciencia. Heisenberg*. Madrid: Nivola.
- Fernández-Rañada, A. (2008). *Heisenberg: de la incertidumbre cuántica a la bomba atómica nazi*. Madrid: Nivola.
- Heimendahl, E. (1969). *Física y Filosofía*. J. S. Iglesias Muñoz (trad.). Madrid: Guadarrama (1966).
- Heisenberg, W. K. (1962). *Los nuevos fundamentos de la ciencia*. J. M. Gimeno (trad.). Madrid: Norte y Sur (1959).
- Heisenberg, W. K. (1974). *Más allá de la física. Atravesando fronteras*. C. Carreras Matas (trad.). Madrid: Católica (1971).
- Heisenberg, W. K. (1975). *La parte y el todo. Diálogos sobre la física atómica*. W. Strobl y L. Pelayo (trad.). Madrid: Católica (1969).
- Jungk, R. (1958). *Brighter than a Thousand Suns*. New York: Harcourt Brace.
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. C. Solís Santos (trad.). México: Fondo de Cultura Económica (1962).
- Lakatos, I. (1987). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. D. R. Nicolás (trad.). Madrid,; Tecnos (1970).
- Marcuse, H. (2001). Algunas implicaciones sociales de la tecnología moderna. En *Guerra, tecnología y fascismo. Textos inéditos* (pp. 53-86). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Morrison, P. (1995). Recuerdos de una guerra nuclear. *Investigación y ciencia* 229, 4-8.
- Morton, T. (2010). *The Ecological Thought*. Cambridge, Massachusetts and London: Harvard University Press.
- Navarro Faus, J. (2012). *National Geographic. Edición especial Física cuántica. El principio de incertidumbre Heisenberg*. Barcelona: RBA.
- Oé, K. (2011). *Cuadernos de Hiroshima*. Y. Ogihara y F. Cordobés (trad.). Barcelona: Anagrama (1965).
- Ordóñez, J. (2001). *Ciencia, tecnología e historia: relaciones y diferencias*. México: Ariel.
- Platón (2010). *Timeo*. J. M. Zamora (trad.). L. Brisson (Notas y anexos). Madrid: Abada.

- Popper, K. R. (1991). *Conjeturas y refutaciones*. N. A. Míguez (trad.). Barcelona: Paidós (1963).
- Powers, T. (1994). *Heisenberg's War: the Secret History of the German Bomb*. London: Penguin.
- Preston, D. (2008). *Antes de Hiroshima. De Marie Curie a la bomba atómica*. V. Ordóñez (trad.). Barcelona: Tusquets (2006).
- Reid, R. (1984). *Marie Curie*. M. Sánchez Martín (trad.). Barcelona: Salvat (1978).
- Rife, P. (1999). *Lise Meitner and the dawn of the nuclear age*. Boston: Birkhäuser.
- Ringer, F. K. (1969). *The Decline of the German Mandarins: The German Academic Community, 1890-1933*. Cambridge: Harvard University Press.
- Sánchez Ferlosio, R. (2007). *Sobre la guerra*. Barcelona: Destino.
- Sánchez Ron, J. M. (2013). *El siglo XX*. En J. Ordóñez, V. Navarro, J. M. Sánchez Ron (Eds.), *Historia de la ciencia* (pp. 455-532). Barcelona: Austral.
- Sime, R. L. (1996). *Lise Meitner. A Life in Physics*. Oakland, CA: University of California Press.
- Snow, C. P. (1959). *The Two Cultures*. Recuperado de: https://www.jstor.org/stable/1578601?read-now=1&seq=1#page_scan_tab_contents
- Todorov, T. (2002). *Memoria del mal, tentación del bien*. M. Serrat (trad.). Barcelona: Península.