
Heisenberg, el Nacionalsocialismo y el mito de la bomba atómica alemana

Karl Von Meyenn
1 noviembre, 2002

Siempre son los vencedores los que escriben la historia de los vencidos, los que siguen vivos la de los muertos.

Theodor Lessing (1872-1930)

EL MISTERIO

El 6 de febrero de este año, el Instituto Bohr de Copenhague publicó varias notas de los años comprendidos entre 1957 y 1962, y varios borradores de cartas que el famoso físico nuclear danés Niels Bohr tenía intención de enviar a su colega y discípulo alemán Werner Heisenberg. La cuestión de por qué Bohr no pudo decidirse entonces a enviar estas cartas, cuidadosamente guardadas bajo llave desde entonces, ocupa ahora no sólo a los historiadores, sino también a una amplia opinión pública.

En estos documentos se habla de un viaje a Copenhague que Heisenberg y su amigo el físico Carl Friedrich von Weizsäcker emprendieron en septiembre de 1941, en el marco de un acto organizado bajo los auspicios de la Oficina Exterior del Instituto de Cultura Alemana local, al país ocupado por las tropas alemanas. Debido a su trasfondo político, este viaje ha desencadenado uno de los más controvertidos debates de la historia de la posguerra.

Alemania se encontraba entonces en el punto culminante del despliegue de su poder militar. Después de las exitosas campañas polaca, occidental y balcánica y de la ocupación de Dinamarca y Noruega, ahora también el Ejército Rojo había sido rechazado en todo el frente. Heisenberg, que sin duda estaba impresionado por estos éxitos, acababa de convencerse en este momento de que, en principio, era realizable la construcción de una bomba atómica. Debido a sus largos años de amistad con Bohr, creía al parecer que podría discutir con él acerca del proyecto alemán del uranio, mantenido en estricto secreto, y de las perspectivas de un arma nuclear que posiblemente decidiría la guerra en favor de Alemania. Sin embargo, como no tuvo suficientemente en cuenta que se encontraba en un país que sufría mucho bajo la ocupación y nunca podría estar interesado en una victoria alemana, la conversación tuvo un resultado insatisfactorio. Debido al riesgo de ser espiados por el servicio secreto, no se tomaron notas que pudieran informar del contenido y finalidad de esta conversación. Por eso, no cabe sorprenderse de que el recuerdo de este encuentro muy lejano produjera muy distintos resultados en ambos interlocutores.

EL VIAJE A COPENHAGUE: VERSIÓN DE HEISENBERG

El conocido periodista científico Robert Jungk había trazado, en su *bestseller Más luminoso que mil soles*, una imagen exageradamente embellecida del científico alemán, asediado por «problemas de conciencia». Su conversación con Bohr se describía incluso en el libro como un «tanteo hacia la paz»: «Poco a poco Heisenberg, que antes había pedido comprensión por la situación de fuerza mayor en que se encontraban los físicos alemanes, llevó cautelosamente la conversación hacia la bomba atómica. Por desgracia, no llegó a producirse la abierta confesión de que él y su grupo harían todo lo posible por evitar la construcción de un arma semejante si la otra parte estaba dispuesta a actuar de forma parecida. Más bien tantearon un acercamiento demasiado cuidadoso y... pasaron de largo. Al preguntar Heisenberg si consideraba verosímil construir una bomba semejante, Bohr, que desde abril de 1940 no había vuelto a saber nada de los progresos, mantenidos en secreto, de la investigación nuclear en Inglaterra y América, respondió convencido: "¡No!". Entonces Heisenberg se esforzó en asegurarle de manera elocuente que sabía que un arma semejante podía sin duda alguna construirse, y que si se ponían a ello con gran energía podrían hacerlo en un futuro próximo».

En un escrito dirigido a Jungk, Heisenberg corregía posteriormente este relato, que le parecía desacertado: «En mi recuerdo, que naturalmente también puede engañarme después de tanto tiempo, la conversación tuvo lugar más o menos de la siguiente forma: mi visita a Copenhague fue en otoño de 1941; creo recordar que hacia finales de octubre. En torno a esa época, basándonos en nuestros experimentos con uranio y agua pesada, en la *Asociación uranio* habíamos llegado a la siguiente conclusión: sin duda será posible construir un reactor de uranio y agua pesada que proporcione energía. En ese reactor se producirá (según un trabajo teórico de Von Weizsäcker) un producto derivado del uranio 239 que, igual que el uranio 235, es adecuado como explosivo para

bombas atómicas. Entonces no conocíamos ningún procedimiento para la obtención del uranio 235 que, con un gasto técnicamente realizable en Alemania en condiciones de guerra, hubiera producido cantidades dignas de mención. Como al parecer también la obtención del explosivo nuclear a partir de reactores sólo podía hacerse mediante la explotación durante años de gigantescos reactores, teníamos claro que la fabricación de bombas atómicas sólo sería posible con un enorme coste técnico. Sabíamos, pues, que en principio se podían hacer bombas atómicas, pero creíamos que el coste técnico necesario era mayor del que realmente era. Esta situación nos parecía un presupuesto especialmente favorable para que los físicos pudieran influir en ulteriores acontecimientos, porque si la fabricación de bombas atómicas hubiera sido imposible, el problema no se habría planteado, pero de haber sido fácilmente posible sin duda los físicos no habríamos podido impedir su producción. En cambio, la situación real concedía a los físicos de esa época una influencia decisiva sobre los acontecimientos posteriores, porque podían argumentar ante sus gobiernos que probablemente las bombas atómicas no entrarían en juego a lo largo de la guerra, o también que quizá fuera posible obtenerlas dedicando a ello inmensos esfuerzos. La posterior evolución de las cosas ha demostrado que ambos argumentos estaban objetivamente justificados, porque de hecho tampoco los americanos llegaron a tiempo de emplear la bomba atómica contra Alemania. En esa situación, creíamos que una conversación con Bohr podía resultar de utilidad. Esta conversación tuvo lugar en un paseo vespertino por un barrio cercano a Ny-Carlsberg. Como yo sabía que Bohr estaba bajo vigilancia de instancias políticas alemanas y las manifestaciones de Bohr acerca de mí eran con toda probabilidad comunicadas a Alemania, intenté mantener la charla en el ámbito de los sobreentendidos, para no poner mi vida en peligro. Por eso, la conversación debe de haber empezado planteando yo, un tanto de pasada, la cuestión de si realmente era correcto que los físicos se ocuparan del problema del uranio en tiempo de guerra, ya que había que contar siempre con la posibilidad de que los progresos en este terreno pudieran causar consecuencias muy graves en la tecnología bélica. Bohr entendió de inmediato el significado de esa pregunta, según deduje de su reacción un tanto sobresaltada. Según creo recordar, contestó con otra pregunta: "¿Realmente crees que se puede aprovechar la fisión del uranio para construir armas?". Debo de haber respondido algo así: "Sé que en principio es posible, pero haría falta un inmenso coste técnico, que cabe esperar que ya no pueda realizarse en esta guerra". Bohr se sobresaltó mucho con la respuesta, porque creyó que quería decirle que Alemania había hecho grandes progresos hacia la construcción de armas atómicas. En mi sucesivo intento por corregir esta impresión errónea, no logré ganar completamente la confianza de Bohr, especialmente porque sólo me atrevía a hablar en alusiones muy cautelosas (lo que seguramente fue un error por mi parte), por miedo a que después fuera posible agarrarse a la literalidad de alguna expresión. Yo mismo quedé muy descontento con el resultado de esta conversación».

VERSIÓN DE BOHR

Cuando Bohr conoció este relato, en una edición del libro de Jungk traducida al danés en 1957, opinó que Heisenberg esbozaba una imagen completamente falsa de la situación en aquellos momentos, y también que el contenido de la conversación no estaba en consonancia con los hechos. A continuación dictó las cartas que hemos mencionado, en las que exponía *su* versión; una de esas cartas fue encontrada posteriormente en el ejemplar de Bohr del libro de Jungk. Con el fin de

formarnos un juicio acerca de los reparos de Bohr, reproducimos aquí, extractado, el último de estos escritos, una carta fechada el 26 de marzo de 1962 y cuyo original está redactado en lengua danesa:

«Hace ya tiempo que quería escribirle acerca de un asunto sobre el que me preguntan constantemente desde distintos ámbitos. Se refiere a la visita que usted y Weizsäcker hicieron a Copenhague en el otoño de 1941. Como usted bien sabe por nuestras conversaciones de los primeros años posteriores a la guerra, la opinión que aquí tenemos de lo que ocurrió durante aquella visita difiere bastante de la expresada por usted en el libro de Jungk. La razón concreta por la que le escribo es que todo el asunto de los proyectos relacionados con la energía atómica ha sido objeto de intensos estudios en Inglaterra, basados en el acceso a los archivos del Gobierno, incluyendo material en poder de los servicios de inteligencia. En relación con esto, he tenido conversaciones detalladas acerca de mi vinculación con todo el proyecto, durante las cuales surgieron preguntas relacionadas con su visita de 1941. Por lo tanto, he pensado que sería lo más adecuado tratar de darle a usted una impresión lo más exacta posible de lo que su visita significó para nosotros.

Aunque advertíamos que el trasfondo de su visita era el deseo de ver cómo nos iba en Copenhague en las peligrosas circunstancias de la ocupación, y el interés por ayudarnos, tenía usted que haber entendido que para nosotros –que sólo vivíamos con la esperanza de derrotar al nazismo alemán– era complicado reunirnos y hablar con alguien que expresaba, con tanta firmeza como usted y Weizsäcker, su convicción en la victoria alemana y su confianza en lo que supondría. Por supuesto, entendemos que pueda resultarle difícil asumir lo que pensaba y expresaba durante las distintas etapas de la guerra, pensamientos que fueron cambiando con el paso del tiempo a medida que la convicción de la victoria alemana iba debilitándose gradualmente hasta convertirse en la certidumbre de la derrota.

Pienso concretamente en la conversación que tuvimos en mi despacho de la Facultad, en el curso de la cual, dado el tema que usted suscitaba, cada palabra que se pronunció quedó grabada en mi mente con todo lujo de detalles. Tuvo que causarme una fuerte impresión que desde el principio usted afirmase su certeza de que, si la guerra se prolongaba lo suficiente, se decidiría mediante el uso de armas atómicas. En ese momento, yo no tenía ningún conocimiento de los preparativos en curso en Inglaterra y América. Usted añadió, al verme titubear, que tenía que entender que en los últimos años usted se había dedicado casi exclusivamente a este tema, y no le cabía duda de que se podía hacer. Por tanto, me resulta bastante incomprensible que pretenda haberme insinuado que los físicos alemanes harían todo lo que estuviera en sus manos para evitar semejante aplicación de la investigación atómica. Durante la conversación, que fue muy breve, desde luego que yo fui muy cauto, pero pensé mucho acerca de su contenido, y mi alarma no disminuyó al oír decir a los otros que Weizsäcker había dicho lo bueno que sería para la posición de la Ciencia en Alemania tras la victoria que usted pudiera contribuir tan significativamente a alcanzar ese fin.

Cuando tuve que escapar a Suecia en el otoño de 1943 para evitar mi inminente arresto, y desde allí pasar a Inglaterra, supe por primera vez lo avanzado que se encontraba el proyecto atómico anglo-americano. La cuestión de hasta dónde había llegado Alemania ocupaba no sólo a los físicos, sino a los gobiernos y servicios de inteligencia, y me vi involucrado en el debate al respecto. Narré las experiencias que habíamos tenido en Copenhague y en relación con esto surgió la cuestión de hasta qué punto tenía usted autorización del Gobierno alemán para tocar tan peligroso tema, de tales consecuencias políticas, con alguien que se encontraba en un país ocupado y enemigo. Sin embargo,

la discusión no tuvo una influencia decisiva en un sentido u otro, desde el momento en que para entonces estaba bastante claro, según los informes de los servicios de inteligencia, que no había posibilidad de llevar a cabo semejante empresa en Alemania antes de que acabara la guerra.

Le escribo con tanta extensión para aclararle el asunto todo lo que me sea posible, y en la esperanza de que podamos hablar más detalladamente al respecto cuando haya ocasión».

La mera comparación de estos dos informes, contradictorios en casi todos los puntos esenciales, permite comprender por qué Bohr temía enviar su carta a Heisenberg, con el que desde hacía muchos años había mantenido un estrecho contacto personal y científico. A todas luces, Bohr malinterpretó incluso un boceto que Heisenberg le había dado en esta ocasión. Después de un análisis a fondo, Hans Bethe, que entonces dirigía la División Teórica del proyecto americano de *Los Álamos*, declaró: «¿Qué pretendía decir Heisenberg con este dibujo? Quizá, "Mire, esto es lo que tratamos de construir, y se dará cuenta de que esto es un reactor, no una bomba". Si fue así, estaba sobreestimando el conocimiento de Bohr acerca de la energía atómica». El físico americano Jeremy Bernstein, conocido como magnífico periodista científico, se ha ocupado de esta cuestión en un artículo publicado en mayo de 1995 en *Scientific American*: «¿Qué le dijo Heisenberg a Bohr acerca de la bomba?». Pero tampoco él ha podido ofrecernos una solución convincente para el enigma.

Debido a la falta de fuentes fiables, a lo largo de los años se han llevado a cabo numerosos y contradictorios intentos de reconstruir el desarrollo de esta visita. Sin embargo, sus intenciones sólo se ponen de manifiesto a la luz de los ulteriores acontecimientos. Nuestra tarea va a ser arrojar luz sobre el punto de partida de Heisenberg con ayuda del proyecto alemán del uranio.

La «verdadera» historia de estas investigaciones, mantenidas en secreto en su mayor parte, se puede reconstruir –como toda historiografía– sobre la base de fuentes parcialmente desclasificadas sólo en las últimas décadas. La imagen histórica, marcada por una parte por los intereses de las potencias vencedoras y, por otra, por los intentos de justificación alegados especialmente por parte alemana, ha llevado a muchas falsificaciones causantes de confusión. Éstas desarrollan, a su vez, una tenaz vida propia, contra la que el historiador lucha a menudo en vano.

Evocaremos aquí en primer lugar el informe, publicado por los americanos después del final de la guerra, de la Misión Alsos, que en principio desarrolló una imagen fuertemente desfigurada de las investigaciones alemanas y difundió noticias falsas que luego tuvieron que ser parcialmente retiradas por su autor, Samuel Goudsmit.

Otras etapas en este camino de reconstrucción histórica de las investigaciones alemanas sobre el uranio serían, entre otras: los diarios de Farm Hall publicados en 1957 por Erich Bagge; *El sueño de la bomba atómica alemana*, de David Irving (1967); la autobiografía de Heisenberg *La parte y el todo* (1969); el magnífico y bien documentado estudio de Mark Walker *La máquina del uranio* (1989); la amplia biografía de Heisenberg de David Cassidy (1992); el arriesgado intento de Thomas Power de atribuir a Heisenberg, en su libro *La guerra de Heisenberg* (1993), basado en informes secretos y calificado incluso por él de «historia en la sombra», el sabotaje consciente de la bomba; las ediciones parcialmente comentadas de las *Actas de Farm Hall* (1992), y, por último pero no por ello menos importante, el polémico escrito de Paul Lawrence Rose *Heisenberg y la bomba atómica alemana* (1998), que describe a Heisenberg como auxiliar de los alemanes y espía que no logró fabricar una

bomba para Hitler. Además, el viaje a Copenhague es el centro de la obra teatral, escrita en 1998 por el autor británico Michael Frayn, *Copenhague*, que fue representada hace poco con éxito inusual en los escenarios de Londres, Nueva York, París, Berlín y otras ciudades, y que también tuvo un gran eco en la prensa.

Para poder entender mejor el centro de esta renovada confrontación con un pasado evidentemente poco elaborado hasta la fecha, volveremos a traer a colación los hechos que llevaron a la construcción de las primeras bombas atómicas americanas y los que impidieron la correspondiente evolución en el ámbito del poder nacionalsocialista.

LA DECADENCIA DE LA FÍSICA EN LA ALEMANIA NAZI

Heisenberg inauguró junto con Wolfgang Pauli la lista de los numerosos huéspedes alemanes que, después de la Primera Guerra Mundial, acudieron a Copenhague, bautizada gracias a Bohr como la «capital de la física atómica», para colaborar en la elaboración de la moderna teoría atómica. La aportación que estos jóvenes investigadores hicieron entonces al desarrollo de la teoría cuántica llevó también al rápido restablecimiento del prestigio científico de los investigadores alemanes, que se había resentido gravemente debido a su conducta durante la guerra.

Pero este creciente tráfico internacional de físicos pronto volvió a ser interrumpido por la política hostil a la Ciencia de los nacionalsocialistas. Esto afectó con especial dureza a la Física teórica en Alemania. Una gran parte de la joven élite de los físicos la mayoría de origen judío- se vio empujada a la emigración en los años treinta. Entre estos físicos expulsados por motivos políticos se encontraban también muchos físicos nucleares, que después de estallar la guerra tomarían en sus manos el desarrollo de la bomba atómica, especialmente en Inglaterra y América.

El centro de gravedad de la investigación en Física se había desplazado entretanto de la corteza al núcleo del átomo. Este núcleo está cohesionado por fuerzas mucho mayores y distintas de las de los átomos, y hasta entonces sólo había desempeñado un papel subordinado en la Física. Aunque sus efectos ya se habían manifestado a través de las radiaciones α , β y γ , descubiertas en torno al cambio de siglo, el físico británico Ernest Rutherford no consiguió transformar hasta 1919 un núcleo de nitrógeno en uno de oxígeno irradiándolo con rayos α . El *protón* libre surgido como subproducto se identificó como uno de los componentes fundamentales del núcleo. Con la repetición sistemática de tales *reacciones nucleares*, el colaborador de Rutherford James Chadwick descubrió en 1932 otro componente, el *neutrón*, neutro desde el punto de vista eléctrico. Esta partícula, que debido a su falta de carga podía superar la barrera del núcleo del átomo, de carga positiva, demostró ser un fantástico medio para la investigación experimental de las propiedades del núcleo. Ese mismo año, Heisenberg pudo desarrollar, sobre la base de los dos componentes descubiertos, una teoría de las fuerzas nucleares que -con algunas modificaciones aportadas por la investigación ulterior- podía describir la conducta de todos los núcleos.

Pero, en esos años, en la Alemania dominada por los nazis empezó a dejarse sentir una decadencia general de la Física. Los más importantes descubrimientos en física atómica se hacían ahora especialmente en América. Después de un viaje informativo por Europa durante el verano de 1936, el ya mencionado físico neerlandés Samuel Goudsmit, que había emigrado a los Estados Unidos a

mediados de los años veinte, lamentaba en una carta a su colega alemán Walter Gerlach: «mientras en los otros países, como Italia y América, la Física hace grandes progresos, en Alemania casi se ha estancado». La respuesta de Gerlach resultaba poco convincente: «Dice usted que la Física se ha quedado estancada entre nosotros. No comparto del todo esa opinión; lo que ha hecho es dedicarse a otros problemas. Y además, durante años hemos sufrido mucho por la escasez de recursos y la falta de tranquilidad. Ahora, se hace cada día más por la investigación. Pero también en los ámbitos modernos hemos hecho aquí toda clase de cosas buenas. Regner ha logrado resultados asombrosos con su globo-registro, y los trabajos de Bothe, Hahn-Meitner y otros son muy buenos. Es cierto que tratamos de cambiar la orientación "teórica" por una un poco más experimental. A mí personalmente no me parece mal».

En el caso de la investigación nuclear, ya no hacía falta volver a las radiaciones naturales. Con ayuda de refinados aceleradores, se podían producir en laboratorio los chorros de partículas deseados para investigar las propiedades del núcleo. Tales *ciclotrones* existían en gran número en América, mientras que al principio de la guerra los alemanes no tenían ni uno solo de esos aparatos.

EL DESCUBRIMIENTO DE LA FISIÓN DEL URANIO

La fisión del uranio, descubierta en diciembre de 1938, con los medios radioquímicos más sencillos, por Otto Hahn y su colaborador Fritz Strassmann, del Instituto de Química Kaiser Wilhelm de Berlín, daría un último triunfo a la Ciencia alemana antes de que la guerra pusiera enteramente fin a la cooperación internacional. Como ocurre con la mayoría de los descubrimientos realmente importantes, también esta vez se trató de un hallazgo casual.

Poco después del descubrimiento del neutrón, el físico italiano Enrico Fermi y sus colaboradores utilizaron ya esta partícula como proyectil, e investigaron con su ayuda toda la serie de núcleos conocidos. Fermi descubrió así numerosos núcleos inestables nuevos. Éstos se transformaban de forma sujeta a unas leyes -emitiendo una radiación radiactiva (es decir, de partículas alfa y beta, así como radiación γ de onda corta)- en otros núcleos. Tenían especial interés los núcleos más pesados. Para compensar el efecto repelente de su carga positiva de protones, tenían un mayor porcentaje de neutrones, que se podía desestabilizar con facilidad. Se comportan, en la aproximación, como gotas de agua a las que influencias exteriores hacen vibrar. Esa pequeña perturbación del núcleo puede ser producida, por ejemplo, por la acción de un neutrón. Pero después de una acumulación temporal de neutrones se produce en general una descomposición radiactiva. Entonces siempre se formaba el núcleo de un elemento vecino en el sistema periódico.

Por eso, parecía especialmente interesante el caso del último de los elementos entonces conocidos, el uranio con el número de orden $Z = 92$. En la naturaleza, los isótopos de uranio designados con los números de masa 238 y 235 (que indican la suma de neutrones y protones) aparecen con muy distinta frecuencia (99,28% y 0,71%). Se les denomina simbólicamente ${}_{92}\text{U}^{238}$ y ${}_{92}\text{U}^{235}$. En esos núcleos de uranio existía, pues, por vez primera la posibilidad de fabricar mediante bombardeo con neutrones un elemento hasta entonces no observado en la naturaleza, con un número de orden superior a 92, un así llamado *transuránico*.

Con el fin de aclarar ciertas discrepancias surgidas a la hora de identificar los núcleos así producidos,

Hahn emprendió junto con Strassmann un minucioso análisis radioquímico de los productos de desecho. Para su sorpresa, constataron que uno de los nuevos elementos producidos no se comportaba como un vecino del uranio, sino como el bario. Como este elemento posee el número de orden $Z = 56$, cabía sospechar que el núcleo de uranio perturbado por el neutrón había *explotado* en dos fragmentos de más o menos el mismo tamaño, «contradiendo todas las anteriores experiencias de la Física nuclear». Antes de que este inesperado resultado se publicara en los primeros días de enero del año 1939, Hahn informó a la que fuera su colega durante muchos años, Lise Meitner, que poco antes había huido a Dinamarca en exóticas circunstancias debido a la entrada en vigor de las leyes raciales. Así fue como, inmediatamente después de publicarse, este descubrimiento fue empleado en numerosos laboratorios de física nuclear y pudo ser confirmado, ahora también con medios físicos. El siguiente paso era casi forzoso.

Junto con su sobrino Otto Robert Frisch, que la visitó en Navidad en el apartado balneario sueco de Kungelvä, Lise Meitner desarrolló, sobre la base del llamado *modelo de la gota*, una teoría de la fisión nuclear. También este proceso se explica de forma análoga a las fuertes deformaciones por vibración de una gota de líquido: dado un aporte de energía lo suficientemente grande, el núcleo de uranio debería adoptar en primer lugar una forma de cigarro y, finalmente, al estrecharse, romperse en dos fragmentos que se apartan el uno del otro a gran velocidad. Sus huellas podían observarse en una cámara de niebla. Pero lo más emocionante de los cálculos era la inmensa energía liberada al producirse semejante fisión. Utilizando como base la energía producida en las reacciones químicas normales, la fisión del átomo producía ¡200 millones de veces más!

Mientras tales fisiones se producían sólo en los distintos núcleos de uranio alcanzados por un neutrón, esa energía no tenía gran interés práctico. Pero no hizo falta mucho tiempo para constatar que en un proceso de fisión se liberaban por término medio de dos a tres neutrones secundarios. Si se lograba iniciar otros procesos de fisión con esos neutrones suplementarios, se habría resuelto el problema de una *reacción en cadena* técnicamente realizable; con cantidades mayores de uranio, se podría encender un «fuego de uranio» productor de energía.

Se abrían dos vías de utilización de esa energía: una, con una reacción en funcionamiento estacionario, lleva al *reactor nuclear*, y la otra, con una reacción incontrolada, que se amplía como un alud, a la *bomba atómica*.

Naturalmente, numerosos expertos advirtieron enseguida esas posibilidades. Niels Bohr estuvo entre los primeros que supieron del nuevo descubrimiento por Frisch y Meitner. La sospecha de Bohr de que sólo el raro isótopo ${}_{92}\text{U}^{235}$ se podía fisurar mediante neutrones lentos fue confirmada en el verano de 1939 por la teoría del procedimiento de fisión, elaborada junto con el físico americano John Archibald Wheeler. La conclusión fue que el aprovechamiento de la energía procedente de la fisión probablemente sólo se podría alcanzar aislando ese raro isótopo de uranio. Debido a las casi insuperables dificultades que se oponían a la separación de unos isótopos de uranio que sólo se diferenciaban entre sí en un 1% de peso, tanto Bohr como la mayoría de los otros físicos dudó entonces de la utilidad práctica del nuevo descubrimiento.

A principios de 1939, cuando Bohr viajó a América con su hijo Aage y algunos colaboradores para asistir a una conferencia, se encargó de dar rápida difusión a la novedad. Ya en marzo, George

Pegram y Enrico Fermi se habían puesto en contacto con la marina de guerra americana para señalarles la importancia bélica del descubrimiento.

En Inglaterra, en la primavera de 1940, Frisch, que en previsión de una ocupación alemana de Dinamarca se había trasladado oportunamente a Birmingham, y el antiguo discípulo de Heisenberg Rudolf Peierls, elaboraron una primera propuesta de fabricación de una *superbomba*. Calcularon la masa crítica que mantiene en equilibrio el número de neutrones producidos y perdidos, y llegaron a la sorprendente conclusión de que serviría con aproximadamente 500 gramos de ${}_{92}\text{U}^{235}$: «Nos quedamos bastante asombrados con los resultados: ¡después de todo, era posible una bomba atómica, al menos en principio!. Como arma, sería tan devastadora que, desde un punto de vista militar, merecería la pena el esfuerzo de levantar una planta entera para separar los isótopos. Usando un dicho clásico, nos decíamos: "Incluso si la planta cuesta tanto como un buque de guerra, merecería la pena tenerla"». El resultado fue redactado en forma de memorándum y enviado al Gobierno británico. Condujo a la formación del llamado Comité Maud, que se encargó de dar los pasos siguientes para la utilización militar de la fisión nuclear. El resto de la historia del proyecto, que llevó el nombre clave *Tube Alloy* y que a finales de 1943 se fusionó con el *Proyecto Manhattan*, ha sido publicada en 1964 por la historiadora británica Margaret Gowing.

PERSPECTIVAS ECONÓMICAS Y MILITARES

Pero tampoco los investigadores alemanes dudaron en llamar la atención de su Gobierno sobre las potenciales aplicaciones económicas y militares de la obtención de energía nuclear. Ya a finales de abril de 1939 se constituía, bajo la dirección del Consejo de Investigación del Reich, un grupo de unos ocho investigadores nucleares que pretendían llevar a cabo los primeros análisis preparatorios.

Un artículo del físico berlinés Siegfried Flügge provocó casi un revuelo público cuando, en junio de 1939, la muy leída revista *Die Naturwissenschaften* publicó un relato amplio y detallado escrito por aquél acerca de la idea básica del aprovechamiento técnico de la energía atómica.

Con un sencillo ejemplo, ponía de manifiesto de forma especialmente impresionante la energía de fisión contenida en un bloque de un metro cúbico de óxido de uranio: bastaría para levantar un kilómetro cúbico de agua hasta 27 kilómetros de altura. Para que pueda producirse una reacción en cadena, habría que prestar atención a que la menor cantidad de neutrones posible escapara por la superficie o se perdiera para una fisión en otros procesos. Como el ${}_{92}\text{U}^{238}$ tiene tendencia a capturar los neutrones rápidos, habría que emplear un *moderador* para frenar los neutrones inmediatamente después de producirse, de forma que quedaran disponibles exclusivamente para la fisión de los núcleos de ${}_{92}\text{U}^{235}$. Flügge discutía también la cuestión de la necesaria *masa crítica* de semejante bola de uranio, así como las posibilidades de una reacción retardada, con vistas a la construcción de una *máquina de uranio* controlable. También en ese punto volvía a poner de manifiesto la magnitud de la energía que se podía obtener: bastaría para cubrir durante un período de once años toda la producción de las centrales eléctricas del Reich que se encontraban entonces en funcionamiento.

Cuando, en los meses siguientes del verano, Heisenberg volvió a viajar a los Estados Unidos para tomar parte en Chicago en un congreso sobre la radiación cósmica, tuvo la oportunidad de discutir, por última vez antes de la guerra, acerca de tales cuestiones con sus colegas americanos. Rechazó

atractivas ofertas de quedarse en América y participar allí en la investigación nuclear, a pesar de las hostilidades precedentes por parte de los representantes, ideológicamente motivados, de la llamada *Física Alemana*. Su insinuación de que su presencia era especialmente importante para su patria precisamente en esos tiempos de tanta convulsión política se entendió como un claro signo de su disponibilidad al compromiso con el régimen nazi.

EL ESTALLIDO DE LA GUERRA

Inmediatamente después del regreso de Heisenberg, el 3 de septiembre de 1939, estalló la Segunda Guerra Mundial. Un día antes, Einstein había escrito su famosa carta al presidente americano Roosevelt en la que llamaba su atención acerca del problema del uranio y advertía del peligro de que los alemanes lograran construir una bomba de uranio semejante.

Ya el 8 de septiembre se encargó al reciente doctorando de Heisenberg Erich Bagge convocar, junto con el director de la Oficina de Armamentos del Ejército, Kurt Diebner, una asamblea de todos los expertos nucleares. Durante dos conferencias celebradas en septiembre y octubre de 1939 en Berlín se formó la llamada *Asociación Uranio* y se propuso un reparto de tareas. Los continuos informes de investigación, mantenidos en secreto desde el principio, del proyecto alemán del uranio, documentan el avance de estos trabajos. Al final de la guerra, la ya mencionada Misión Alsos se incautó de una colección casi completa de 220 de esos informes, que fueron evaluados por el servicio secreto americano. Hoy, esos documentos se encuentran y pueden ser examinados en el Centro de Investigación Nuclear de Karlsruhe y en el Deutsches Museum de Múnich.

Ya el 6 de diciembre de 1939 Heisenberg presentó –enlazando con el artículo de Flügge y la investigación, concluida entretanto, de Bohr y Wheeler sobre el proceso de fisión– la primera parte de un amplio estudio teórico acerca de «La posibilidad de obtención técnica de energía a partir de la fisión del uranio». En él examinaba en detalle el caso de una *máquina de uranio*, es decir, «si es posible fabricar mezclas de materiales que al ser bombardeadas con neutrones emitan más neutrones de los que absorben, y en qué forma actúan para obtener energía las máquinas que trabajan con tales compuestos». Resumiendo, Heisenberg esbozaba el principio de una de esas máquinas, que trabajaría con uranio enriquecido o natural, y los presupuestos para la fabricación de un explosivo nuclear.

LA MÁQUINA DE URANIO

«Los procesos de fisión descubiertos por Hahn y Strassmann en el uranio pueden emplearse, según los datos de que se dispone hasta la fecha, para producir energía a gran escala. El método más seguro para la fabricación de una máquina adecuada consiste en el enriquecimiento en el isótopo ${}_{92}\text{U}^{235}$. Cuanto más lejos se lleve este enriquecimiento, tanto más pequeña podrá ser la máquina. El enriquecimiento en el ${}_{92}\text{U}^{235}$ es el único método con el que puede reducirse el volumen de la máquina a un metro cúbico. Además, es el único método para fabricar explosivos que superen en varias potencias elevadas a diez la potencia de los más fuertes explosivos conocidos hasta la fecha. Pero también puede emplearse uranio normal, sin enriquecerlo en el isótopo ${}_{92}\text{U}^{235}$, si el uranio se une a otra sustancia que ralentice los neutrones del uranio sin absorberlos. El agua no es adecuada para esto. En cambio, según los datos de que se dispone hasta el momento, el agua pesada y el carbón

completamente puro responden a esta finalidad. Pequeñas impurezas siempre pueden hacer imposible la producción de energía. Según los resultados de que se dispone, la mejor disposición para la máquina consiste en capas de U_3O_8 de unos cuatro centímetros de grosor, cubiertas por ambos lados con capas de D_2O de unos cinco centímetros de grosor... Una máquina de este tipo sería mantenida constantemente por el proceso de fisión a una temperatura constante, cuya magnitud depende del tamaño de los aparatos.»

En el uranio natural se encuentran menos de un 1% de núcleos fisionables de U^{235} . Si esa sustancia pudiera presentarse pura en cantidad suficiente, el número total de neutrones aumentaría constantemente y en fracciones de segundo, de forma explosiva, liberaría una enorme cantidad de energía.

Por eso, al principio todos los esfuerzos se orientaron a separar ese ${}_{92}U^{235}$ del uranio natural. Debido a la misma constitución atómica de los dos isótopos, había que excluir de antemano los métodos químicos. Había, pues, que volver la vista hacia procedimientos físicos más refinados, que permitieran una separación basada en su pequeña diferencia de masa. Al principio, Bohr consideró incluso irrealizable semejante separación.

Un efecto de tubo disociador descubierto en el verano de 1938 por los fisico-químicos de Múnich Klaus Clusius y Gerhard Dickel resultó inadecuado por la gran capacidad de corrosión de la única mezcla de uranio gaseoso, UF_6 , que se producía. Lo mismo pasó con un escaso enriquecimiento del U^{235} conseguido en la primavera de 1943 por el físico de Hamburgo Paul Harteck con una ultracentrifugadora de nuevo cuño, que ya no pudo ser mejorada a tiempo debido a los ataques aéreos de los aliados. Otros procedimientos, que podían conseguir una separación de los dos isótopos sólo a través de muchos pequeños pasos, requerían un esfuerzo industrial inusualmente grande, que en Alemania nunca se tomó seriamente en consideración. En América, en cambio, donde se llevaban a cabo estas investigaciones con un gasto de personal y material unas mil veces mayor, en el invierno de 1943 se construyeron en Oak Ridge, en el valle del Tennessee, gigantescas instalaciones de separación por difusión gaseosa. En estos edificios, jamás construidos anteriormente con tales dimensiones, y que se extendían a lo largo de casi un kilómetro, se enriqueció el U^{235} empleado en la bomba de Hiroshima.

Sin embargo, el procedimiento de obtención de energía propuesto por Flügge y apuntado más arriba por Heisenberg también podía llevarse a cabo con uranio normal. Un neutrón liberado en una fisión no provoca la mayoría de las veces una fisión al chocar con los otros núcleos, mucho más frecuentes, de U^{238} , sino que tan sólo se ve frenado hasta que alcanza una velocidad crítica en la que puede ser atrapado por uno de esos núcleos de U^{238} . Este núcleo se transforma en un núcleo de U^{239} y el neutrón se pierde para ulteriores fisiones. Por eso de este modo no puede ponerse en marcha una *reacción en cadena*.

La situación es diferente si se emplea una sustancia de frenado, lo que se llama un *moderador*, que frena los neutrones con tanta rapidez como para que se sitúen por debajo de la velocidad crítica de absorción antes de que vuelvan a encontrarse un núcleo de uranio. Si en sus ulteriores choques el neutrón termina por encontrarse un núcleo de U^{235} , tiene lugar una fisión. Como entonces se

producen de dos a tres neutrones suplementarios, se consigue el deseado incremento de los mismos. En cuanto su número es lo bastante grande como para mantener reducida la pérdida de neutrones a través de la superficie exterior, se dan las condiciones para una *reacción en cadena*.

El siguiente problema fue encontrar una sustancia adecuada para servir de moderador. El efecto de frenado es mayor cuanto menor sea la diferencia de masa de las partículas que chocan, por lo que sólo los núcleos más ligeros resultan adecuados para ello. Por otra parte, el moderador no debía absorber ningún neutrón, como ocurre con el agua normal. El agua *pesada*, D_2O , 5.000 veces más rara, es muy adecuada, pero sólo puede obtenerse con grandes costes. Aun así, en Alemania se optó por esta sustancia, porque en relación con la otra alternativa, el carbón puro (grafito), mucho más fácil de producir, no se había reparado en que la fuerte absorción de neutrones observada estaba causada únicamente por impurezas de boro y de cadmio, fáciles de eliminar. En cambio, el agua pesada tenía que ser separada del agua común por medio de un costoso procedimiento electrolítico. Por eso se envió a los investigadores alemanes a una instalación que operaba en Noruega, porque allí había condiciones especialmente favorables para la producción de energía eléctrica. La destrucción de esta planta de agua pesada de *Norsk Hydro*, situada junto a Vermok, por bombarderos británicos en noviembre de 1943 supuso un duro golpe para la investigación alemana del uranio, del que no pudo volver a recuperarse hasta el final de la guerra.

Como los yacimientos de uranio y agua pesada sólo estaban disponibles con limitaciones durante la guerra, se trató de verificar de manera experimental el principio de la multiplicación de los neutrones con pequeños aparatos de prueba. Para esto se rodeaba de uranio y sustancia moderadora una fuente de neutrones de una disposición geométrica concreta, y se medía el número de neutrones perdidos. Heisenberg y su colaborador de Leipzig Robert Döpel consiguieron demostrar por primera vez en la primavera de 1942 una multiplicación de los neutrones con una *configuración esférica multicapa*. Sin embargo, ya no fue posible reunir las cantidades de uranio y agua pesada necesarias para una reacción en cadena autosostenida antes del final de la guerra.

En los Estados Unidos, en cambio, donde inmediatamente después de entrar en guerra, en diciembre de 1941, se puso en marcha el *Proyecto Manhattan* y se impulsó desde el principio a escala industrial la construcción de una bomba, Fermi y sus colaboradores lograron en Chicago, el 2 de diciembre de 1942, poner en marcha una de esas reacciones en cadena autosostenidas con bolas de uranio alojadas en ladrillos de grafito.

LA ALTERNATIVA DEL PLUTONIO

Tanto en Alemania como en Inglaterra, América y la Unión Soviética se advirtió pronto otra posibilidad para la fabricación de bombas. En uno de los procesos de captación de neutrones ya mencionados surge del U^{238} el isótopo radiactivo U^{239} , que en pocos días, bajo una doble emisión de electrones, se transforma en plutonio ${}_{94}Pu^{239}$. Este nuevo elemento plutonio, igual que el U^{235} , es fisionable, y además se puede separar del uranio por vía química. De este modo, podía *incubarse* plutonio para una bomba también con un reactor normal.

Mientras que en Alemania no hacía falta seguir esa posibilidad hasta que no se tuviera un reactor, en América, en el remoto Hanford, ya habían empezado en el verano de 1943 a construir una gran

instalación, alimentada por las frías aguas del río Columbia, que ya al año siguiente pudo empezar su producción de plutonio entre grandes medidas de seguridad, debido a la fuerte radiación. Ese plutonio fue empleado para el llamado Trinity Test de Alamogordo y para la bomba de Nagasaki.

UN MISTERIOSO MENSAJE DE ALEMANIA: «EL PROPIO HEISENBERG TRATA DE RETRASAR EL TRABAJO»

Estas investigaciones se llevaban a cabo en estricto secreto. Los rumores que aun así se filtraban se encargaron de que cada grupo temiera verse superado por sus adversarios. Mientras en América se creían en competición con los alemanes, parece ser que Heisenberg, como cabeza rectora de las investigaciones alemanas sobre el uranio, no perseguía en absoluto la construcción de la bomba. Para esa decisión no hacía falta fundamento moral alguno, porque aún faltaban los presupuestos para su realización.

El hecho de que Heisenberg no se ocupara del mecanismo de semejante bomba, y especialmente del cálculo de la cantidad de sustancia necesaria para ella, remite también a cierta falta de interés. Tanto él como muchos de los otros implicados tenían que ser conscientes de que, en las circunstancias políticas dadas, una bomba así podría causar un daño aún mayor. Que ese problema le conmovía profundamente en aquel momento es algo que se desprende de una carta a su amigo el historiador Hermann Heimpel, que había formulado su teoría sobre un cambio correspondiente de la noción medieval de tiempo. Heisenberg le escribía el 1 de octubre de 1941: «En este momento, se me ocurre que en el próximo futuro podría producirse un cambio así. Porque quizá los hombres advirtamos un día que de hecho poseemos el poder para destruir completamente la Tierra, que podríamos causar por nuestra culpa un *juicio final* o algo parecido. Pero todavía es una fantasía pensar en ello». En aquellos momentos, acababa de regresar de su visita a Copenhague, por lo que no podemos excluir que tuviera la intención de hablar de tales pensamientos también con Bohr.

A favor de tal interpretación –y no en contra– hablan también las confusas indicaciones de Heisenberg acerca de la masa crítica de una bomba atómica durante su internamiento en Farm Hall, aunque sus críticos, como Jeremy Bernstein («Revelations from Farm Hall», *Science*, núm. 259, 1993, págs. 1923-1926), Irving Klotz («Germans at Farm Hall Knew Little of A-bombs», *Physics Today*, octubre de 1993), P. L. Rose («Did Heisenberg Misconceive A-bomb?», *Physics Today*, febrero de 1992) y otros numerosos autores americanos gustan de considerarlas tan sólo como pruebas de su incapacidad para construir una bomba.

En el número de julio de 2000 de *Physics Today*, Hans Bethe ha emitido su juicio de autoridad al respecto: «Las evidencias de que disponemos sugieren que Heisenberg no tenía interés en construir una bomba... La mayor prueba de su falta de interés la tuvimos al final de la guerra. Heisenberg y aproximadamente otros diez científicos nucleares alemanes fueron internados en Farm Hall, una finca en Inglaterra. Todas sus conversaciones eran grabadas sin que ellos lo supieran. Cuando oyeron por radio la noticia de la bomba atómica de Hiroshima, no se lo podían creer. Cuando se dieron cuenta de que era cierto, le preguntaron a Heisenberg cómo era posible. ¡Su primer intento de explicación fue totalmente equivocado! [...]. Que era capaz de hacer ese trabajo se puso de manifiesto alrededor de una semana después, cuando, en otra conversación, se autocorrigió y expuso una teoría similar a la elaborada por Rudolf Peierls y Otto Frisch en 1940. Calculó que se necesitaban unos 20 kg de uranio

235, lo cual era casi correcto. Estas dos conversaciones me demostraron que Heisenberg, la cabeza científica del esfuerzo alemán, no había estado trabajando en una bomba. Demostraban que carecía de información esencial y que pudo haberla obtenido si lo hubiera intentado».

Tanto más enigmática resulta por eso la siguiente noticia, recibida por el físico Rudolf Ladenburg a principios de abril de 1941 en Princeton, y que trasladó enseguida al director del U.S. Bureau of Standards, Lyman Briggs: «Puede interesarle saber que un colega mío, llegado de Berlín vía Lisboa hace unos días, ha traído el siguiente mensaje: un colega de confianza, que está trabajando en un laboratorio de investigación tecnológica, le pidió que nos hiciera saber que un gran número de físicos alemanes está trabajando intensamente en el problema de la bomba de uranio, bajo la dirección de Heisenberg; que el propio Heisenberg trata de retrasar el trabajo todo lo posible ante el temor al catastrófico resultado de un éxito. Pero no puede incumplir las órdenes que le dan y, si el problema tiene solución, la tendrá probablemente en un futuro próximo. Así que me aconsejó que nos demos prisa o los Estados Unidos llegarán demasiado tarde».

¿BOMBAS ATÓMICAS PARA HITLER?

Terminada la guerra, una vez que los crímenes de los nazis se habían hecho visibles en toda su dimensión, los aliados empezaron a examinar la cuestión de la culpa. Los físicos que habían quedado en Alemania tuvieron que justificarse, en la medida en que con sus investigaciones militares habían contribuido a apoyar a un régimen reconocido como criminal. Sin embargo, estas vistas tuvieron un especial punto de inflexión cuando el 6 y el 9 de agosto de 1945, tres meses después de la capitulación alemana, se conoció el lanzamiento de las bombas atómicas americanas sobre los habitantes de las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki.

Estas bombas habían sido construidas expresamente como arma contra Hitler, en supuesta competición con los físicos alemanes. Según cuenta el físico e historiador de la Física americano Silvan S. Schweber en su último libro, *In the Shadow of the Bomb*, entre los físicos americanos había tenido lugar una discusión acerca de si después de la victoria sobre la Alemania nazi seguía teniendo sentido la construcción de una bomba: «Irónicamente, el ímpetu del proyecto fue tal que Oppenheimer diría más adelante: "No creo que nunca trabajáramos más duro y con mayor ritmo que en el período comprendido entre la rendición alemana y el uso real de la bomba"».

De ahí surgía para los implicados una paradoja irresoluble: con el lanzamiento de esas bombas sobre civiles japoneses, a los ojos de la Humanidad el vencedor que hasta ahora se presentaba como paladín de una causa justa se había convertido de repente en precursor de un genocidio a gran escala; en cambio, los fracasados físicos atómicos alemanes podían aprovechar en su beneficio la inexistencia de un arma atómica alemana. Podían afirmar que habían retrasado intencionadamente su desarrollo por razones morales, y porque no querían poner un arma así en manos de Hitler.

No hay duda de que la complejidad de los hechos no admite un esquema de blanco o negro. Por otro lado, naturalmente también por parte aliada se pretendía impedir por todos los medios semejante giro en la opinión pública. La fama de paladín de los principios de la Humanidad, adquirida a costa de grandes sacrificios, corría el riesgo de perderse.

LAS ACTAS DE FARM HALL

Samuel Goudsmit percibió ese riesgo inmediatamente después de terminar la guerra. Como director científico de la misión del servicio secreto americano *Alsos*, creada con fines de espionaje atómico, y que había pisado los talones al avance de las tropas aliadas, había hecho «reunir» y poner bajo arresto en la inglesa Farm Hall a diez físicos atómicos alemanes de primera línea, entre ellos, junto a Heisenberg y Von Weizsäcker, al descubridor de la fisión nuclear Otto Hahn y al reconocido adversario de los nazis Max von Laue.

Debido a la escucha de las conversaciones, realizada con micrófonos ocultos, Goudsmit había llegado (en un escrito dirigido el 14 de octubre de 1946 al físico Rudolf Ladenburg, que trabajaba en Princeton) a la siguiente conclusión: «No es cierto que los alemanes no planearan construir una bomba. Sí es cierto [...] que ellos no creían que fuera posible lograrlo en un tiempo razonable. A su vez, esto se debía a su falta de perspicacia. [...] Fue la inferioridad alemana en el campo de la Física, en organización y en liderazgo científico lo que hizo que se quedaran tan rezagados e incluso fueran por el camino equivocado. Muchos de los colegas internados decidieron aprovecharse de esa carencia con fines propagandísticos cuando llegara el momento. Decidieron difundir el eslogan: "Alemania trabajaba en el problema del uranio con vistas a sus aplicaciones pacíficas, América con fines de destrucción". Ya verá cómo antes o después esta frase aparecerá en los periódicos, especialmente en Europa».

Un año después, Goudsmit publicó los conocimientos obtenidos durante su misión en un escrito muy apreciado titulado *Alsos*. Los físicos alemanes implicados en la investigación del uranio estaban especialmente indignados, porque en el escrito certificaba su fracaso e incompetencia, y al mismo tiempo les achacaba haber puesto sus energías al servicio del Nacionalsocialismo sin restricción alguna. El físico Wolfgang Finkelburg, que en aquellos momentos estaba en los Estados Unidos, informó de ello a Heisenberg el 6 de febrero de 1948: «Probablemente habrá oído hablar del nuevo libro de Goudsmit, *Alsos*, que por desgracia ha sido lanzado y recibido aquí con grandes anuncios. Felizmente, hay que decirlo así, su desagradable carácter tendencioso salta a la vista de tal modo que los lectores inocentes se sienten repelidos por él.

Pero la forma en que se humilla a la Ciencia alemana no es tan bonita. [...] El desconocimiento y falsificación consciente en la cuestión de la bomba atómica que se le reprocha a usted es más que insatisfactorio, y concierne a toda nuestra Física alemana, y usted aparece atacado como su representante. [...] Laue, se asegura una y otra vez, es el único físico alemán que desde el punto de vista de esta gente se ha comportado de manera decente e impecable, mientras todos los demás personajes de nivel están más o menos incluidos entre los que aceptaron compromisos y son rechazados».

DEFENSAS Y ATAQUES

No obstante, Max von Laue –declarado, por así decirlo, absuelto de toda culpa– había protestado ya el año anterior con ocasión de una reseña del libro de Goudsmit hecha por el físico americano Philip Morrison, contra el «espantoso reproche de que los científicos alemanes habían trabajado en su totalidad para Himmler y Auschwitz», aunque «tenemos plena comprensión para con el dolor

innombrable que esa sola palabra tiene que suscitar en él» (los padres de Goudsmit habían muerto en un campo de concentración). «Los directores de los grandes institutos de investigación, especialmente», seguía diciendo Von Laue, «estaban bajo la absoluta coacción de utilizar los recursos del instituto, por lo menos en parte y formalmente, para el trabajo de guerra. Una negativa abierta, al ser considerada sabotaje, habría conducido irremediablemente a una catástrofe para los afectados. En cambio, una aceptación (a menudo tan sólo ficticia) de la voluntad de los militares tenía ventajas que incluso nuestros adversarios deberían reconocer como legítimas. De este modo, se podía preservar a un número notable de especialistas de una intervención más directa en la guerra [...]. A veces se daba incluso la posibilidad de salvar a perseguidos políticos del campo de concentración o de algo peor, asignándoles investigaciones más o menos importantes para la guerra».

Pero las reservas de Goudsmit contra Heisenberg y los físicos alemanes en general existían desde hacía mucho más tiempo, y no eran sólo el fruto de su experiencia reciente. Esto se desprende de una carta de mayo de 1933, en la que transmite a su maestro Paul Ehrenfest su indignación ante la toma del poder por los nacionalsocialistas: «Pronto se demostrará», se dice en esa carta, «que todo lo que ha hecho grande e influyente a la cultura alemana era de origen judío por lo menos en un 50%. [...] Siempre he odiado mucho a los alemanes y a su cultura, incluyendo a los judíos alemanes [...] en líneas generales no creo en la cultura alemana».

Trasladando su crítica a Heisenberg, explicaba: «En América, Heisenberg quizá habría sido un inteligente experto en seguros. Puedo imaginar que podría haber hecho en la vida algo mejor que lo que hace ahora. Realmente es una gran cabeza, y también es espléndido como persona. Pero, ¿cuál es el precio que el sistema educativo alemán tiene que pagar por un Heisenberg? [...] En Alemania la Ciencia no es un Arte, sino un oficio [...]. Realmente, creía desde mi juventud que haría algo bueno y positivo con mi poquito de Física. Esperaba y creía que mi zoología de términos ayudaría al fin a la Humanidad. ¿Y qué veo? El pueblo que escribe los mejores manuales, donde a todos los niños se les obliga a valorar y entender (?) la música de Bach, ese pueblo se muestra ahora como el menos civilizado de todo el mundo».

De estas líneas se desprende con claridad que Goudsmit había intuido de antemano la funesta evolución que se produciría. Por eso, su duro juicio acerca de la conducta de los investigadores alemanes mucho antes de empezar las indagaciones de su *Alsos*.

Por eso tampoco sorprende que críticos posteriores constataran claros juicios erróneos de cuya difusión se encargó el informe de Goudsmit. Su afirmación de que los físicos nucleares alemanes ni siquiera conocían la diferencia entre una bomba de fisión y un reactor nuclear quedó refutada nada más ver los documentos sobre el uranio reunidos por la Misión *Alsos*. Heisenberg, en particular, había explicado el principio de un explosivo nuclear el 26 de febrero de 1942, es decir, pocos meses después de su visita a Copenhague, durante una sesión de debate en la Casa de la Investigación Alemana, y había indicado también la posibilidad de una bomba de plutonio, que podía obtenerse con ayuda de un quemador de uranio. A despecho de tales aclaraciones, los falsos juicios puestos en circulación se mantuvieron. La mayoría de las veces fueron empleados en apoyo de la tesis de que Heisenberg no hizo ningún esfuerzo dirigido a la obtención de una bomba de plutonio porque no sabía con qué escasas cantidades de material de fisión podía construirse.

Por eso la obra de teatro de Frayn *Copenhagen* quizá sea también la mejor respuesta que pueda darse a una pregunta que surge una y otra vez en el actual debate: ¿por qué el director teórico de un proyecto alemán para una bomba atómica ni siquiera estaba en condiciones de improvisar el cálculo de la masa crítica de una bomba de este tipo?

Traducción de Carlos Fortea.

BIBLIOGRAFÍA EN ORDEN CRONOLÓGICO

Samuel Goudsmit, *Alsos*. Nueva York, Schuman, 1947.

Robert Jungk, *Brighter Than A Thousand Suns*. Nueva York, Harcourt, 1956.

Erich Bagge, *Von der Uranspaltung bis Calder Hall*. Hamburgo, Rowohlt, 1957.

Margaret Gowing, *Britain and Atomic Bomb Energy, 1939-1945*. Londres, Macmillan, 1964.

David Irving, *The German Atomic Bomb. The History of Nuclear Research in Nazi Germany*. Nueva York, Simon and Schuster, 1967.

Werner Heisenberg, *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik*. Múnich, Piper, 1969.

Mark Walker, *Die Uranmaschine. Mythos und Wirklichkeit der deutschen Atombombe*. Berlín, Siedler, 1990.

David Cassidy, *Uncertainty. The Life and Science of Werner Heisenberg*. Nueva York, Freeman, 1992.

Paul Lawrence Rose, «Did Heisenberg Misconceive A-bomb?», *Physics Today*, 45 (febrero de 1992), pp. 126 y ss.

Thomas Power, *Heisenberg's War. The Secret History of the German Bomb*. Nueva York, Knopf, 1993.

Charles Frank (introd.), *Operation Epsilon. The Farm Hall Transcripts*. Berkeley, University of California Press, 1993. **Jeremy Bernstein**, «Revelations from Farm Hall», *Science*, 259 (1993), pp. 1923-1926.

Irving Klotz, «Germans at Farm Hall Knew Little of A-bombs», *Physics Today*, 46 (octubre de 1993), pp. 11 y ss.

Jeremy Bernstein, «What did Heisenberg Tell Bohr about the Bomb», *Scientific American*, 272 (1995), pp. 72-77.

Paul Lawrence Rose, *Heisenberg and the Nazi Atomic Bomb Project*. Berkeley, University of

California Press, 1998.

Silvan S. Schweber, *In the Shadow of the Bomb*. Princeton, Princeton University Press, 2000.

Hans Bethe, «The German Uranium Project», *Physics Today*, 53 (julio de 2000), pp. 34-36.

Michael Frayn, *The Copenhagen Papers. An Intrigue*. Nueva York, Faber, 2001.