

## Por qué fabricamos la bomba atómica?

Por James Conca, *Forbes*, Dec. 2013

Esta es una pregunta muy importante tanto hoy como en 1943. Richard Rhodes dio una conferencia en Handford (estado de Washington) por el 70 Aniversario del Proyecto Manhattan que profundizó este tema. Es raro encontrar un vistazo sobre qué emociones, paradigmas, y filosofía motivaron a la gente durante eventos tales que cambiaron al mundo: ingreso a la 2ª Guerra Mundial o desarrollo de armas nucleares.

Lo mejor de Richard Rhodes es su conocimiento sobre los humanos y la historia.

Rhodes es reconocido como ganador del premio Pulitzer por su obra *The Making of the Atomic Bomb* así como por docenas de libros de ficción y no ficción, biografías y documentales. Pero también ha sido académico en Harvard, en el MIT y del Centro sobre Seguridad y Cooperación Internacional de la Universidad de Stanford.

Para el presente y el futuro, se necesita comprender los eventos del pasado desde una perspectiva del período de tiempo en que sucedieron los mismos. Los horrores de la Guerra, 50 millones de muertes, cientos de millones de vidas destruidas, ciudades completas barridas del mapa por bombardeos-raramente se discuten del lado de la ética del desarrollo de la bomba atómica.

Por mucho que nos guste utilizar la visión retrospectiva para juzgar tales hechos trascendentales, se será presa de los mismos errores si no se aprecian cómo las fuerzas sociales usurpan tanto a la ciencia como a los científicos y cómo las diferentes formas de gobierno se interponen entre los futuros diferentes de nuestro planeta-algunos buenos y otros malos.

Con permiso, el autor de este artículo, reedita el artículo de Rhodes. Más largo que los “posteos” normales, es muy valioso leerlo. El lector se asombrará de la cantidad de información en esta conferencia que esencialmente es desconocida por el público y aún para mucho de nosotros del campo nuclear. Ciertamente añadirá otra capa de profundidad en los desafíos nucleares actuales en Irán, Pakistán y Corea del Norte.

Al lector le debe sorprender la idea que la bomba atómica y su uso no se produjeron en el vacío. Incluso el concepto de destrucción mutuamente segura, una idea que todos suponen que apareció por primera vez con armas nucleares, en realidad se produjo décadas antes: durante la Primera Guerra Mundial con el uso generalizado de armas químicas.

### ***La bomba atómica y sus consecuencias***

La fisión nuclear fue descubierta accidentalmente en la Alemania Nazi el 21 de diciembre de 1938, nueve meses antes del comienzo de la Segunda Guerra Mundial. Fue un descubrimiento que, a la larga limitaría la soberanía nacional y cambiaría para siempre la relación entre las naciones, y fue una completa sorpresa.

Los radioquímicos Otto Hahn y Fritz Strassmann, que trabajaban en el Instituto Kaiser Wilhelm de Química-Física en Dahlem, un suburbio de Berlín, estaban bombardeando una solución de nitrato de uranio con neutrones de energía moderada, transmutando cantidades microscópicas del uranio en una mezcla de sustancias de diferentes radioactividades características que los dos químicos creyeron poder incluir en nuevos elementos artificiales más pesados que el uranio así como elementos familiares tales como el radio, una de las hijas del uranio natural.

Sin embargo, en lugar del radio, Hahn y Strassmann encontraron bario en sus soluciones irradiadas, que es un elemento de solo la mitad aproximadamente de peso que el uranio que ellos no esperaban encontrar allí y que no había estado allí antes. Cuando consultaron con su colega la física Lisa Meitner, quien había escapado de la Alemania nazi para exiliarse en Suecia, y cuando Meitner consultó con su sobrino físico Otto Frisch, que había ido a visitarla desde Dinamarca, se hizo evidente que el bario inesperado era el marcador de una nueva especie de la reacción nuclear—y que, en realidad, los neutrones de Hahn y Strassmann habían dividido los núcleos de uranio, de número atómico 92, en dos pedazos aproximadamente iguales, uno de bario, de número atómico 56, y otro de kriptón de número atómico 36:  $56 + 36 = 92$ . La nueva reacción, convirtiendo una pequeña cantidad de materia en energía, fue ferozmente exotérmica: la energía de salida era 10 millones de veces mayor que la de los neutrones entrantes. Los físicos desde hacía 40 años, desde el descubrimiento de la radioactividad, sabían que esa enorme energía estaba encerrada en el átomo. Aquí al fin había una manera

de liberarlo. Otto Hahn, veterano de la Primera Guerra Mundial, posteriormente dijo que reflexionó sobre probables aplicaciones militares de su descubrimiento y consideró seriamente su suicidio.

Rápidamente se corrió la voz través de la pequeña comunidad mundial de físicos. Hahn y Strassmann publicaron sus resultados en la revista científica alemana *Naturwissenschaften*, como los científicos acostumbran a hacerlo. Frisch y Meitner se lo comentaron a Niels Bohr, el gran físico danés, y continuaron confirmando este resultado con experimentos físicos publicándolos en la revista británica *Nature*. A partir de la biología, del proceso por el cual se dividen las células, la *fisión binaria*, tomaron prestado un nombre para la nueva reacción nuclear: fisión. Bohr llevó las nuevas noticias a América a principios de 1939 durante una conferencia de física en Washington. Físicos soviéticos que trabajaban en Leningrado con el joven Igor Kurchatov, físicos británicos, físicos alemanes, el equipo francés en el Instituto del radio en París, experimentales americanos de costa a costa se apresuraron en demostrar la fisión nuclear en sus laboratorios con equipos comerciales: el descubrimiento, como diría más tarde el físico Philip Morrison, era “demasiado maduro” (1). Un lugarteniente general de la Armada Japonesa que era ingeniero electricista, leyendo el informe de *Nature*, designó un miembro de su equipo para rastrearlo. Si Hahn y Strassmann no hubieran descubierto la fisión nuclear en Alemania, otros pronto la hubieran descubierto en algún laboratorio de cualquier otro lugar. Aquí no hubo ningún acuerdo Fáustico, como lo han imaginado algunos en años posteriores. Aquí no hubo una maquinaria demoníaca que uno u otro científico noble pudiera haber escondido de los políticos y de los militares. Por el contrario, hubo una nueva visión de cómo funcionaba el mundo, una reacción energética más antigua que la tierra, que la ciencia finalmente había ideado instrumentos y dispositivos para inducirla. Como alguna vez dijo el físico teórico americano Robert Oppenheimer: **“Es una verdad grande y necesaria que las cosas profundas en la ciencia no se encuentran porque son útiles; se encuentran porque es posible encontrarlas”**.

Los físicos inmediatamente vieron lo que se podía hacer con la nueva reacción. El físico húngaro emigrado Leo Szilard le dijo a su jefe americano Lewis Strauss el 25 de enero de 1939, que la energía nuclear debería ser un medio para producir energía, y mencionó “bombas atómicas” (2). El joven estudiante graduado de Berkeley Philip Morrison recordó que “a la semana aproximadamente de cuando se descubrió la fisión, había un dibujo en el pizarrón de la oficina de Robert Oppenheimer (en Berkeley)—un dibujo muy malo, abominable- de una bomba (3). “Estas posibilidades”, comentó el teórico americano Robert Serber, “ fueron inmediatamente obvias para cualquier buen físico” (4). Unos meses después del descubrimiento alemán, el premio nobel italiano Enrico Fermi parado frente a la ventana panorámica de su oficina en la torre de Física de la Universidad de Columbia, observaba la longitud gris invernal de la Isla de Manhattan con animados vendedores, taxis y multitudes, ahuecó sus manos como si estuviera sosteniendo una pelota y dijo simplemente, “Una pequeña bomba así, y todo desaparecería” (5).

¿Por qué estos hombres de buena voluntad, que se creían ser miembros de una comunidad internacional pacífica de científicos, querían construir un arma de destrucción masiva? Siempre y en todas partes en esa primera ronda de proliferación nuclear, se repite la misma razón: porque la posesión de tal arma parecía ser la única defensa contra un enemigo armado de manera similar. En los años 30 ya se había debatido públicamente y con amplitud la disuasión en el contexto del bombardeo aéreo. Se encontró su primera expresión documentada en el contexto de armas nucleares en un informe secreto preparado a principios de 1940 como una advertencia al gobierno británico por dos físicos emigrados, Otto Frisch y Rudolf Peierls, un informe que primero presentó en papel el diseño básico y el funcionamiento de una bomba atómica. Los dos físicos escribieron: “si se trabaja bajo la hipótesis que Alemania está, o estará, en posesión de este arma, se debe considerar que no hay refugios disponibles que sean efectivos y puedan utilizarse a gran escala. La respuesta más efectiva sería una contra amenaza con una bomba similar. Por consiguiente nos parece importante comenzar la producción tan pronto y rápido como sea posible, aún en el caso que no se pretenda utilizar la bomba como medio de ataque” (6).

El mundo estaba en guerra. La nueva herramienta de la energía nuclear, como toda herramienta, también podría servir como un arma. En el transcurso de la Segunda Guerra Mundial, todas las grandes naciones industriales comenzaron un programa para construir bombas atómicas: los alemanes, los británicos, los franceses antes de su rendición, los soviéticos, los estadounidenses, los japoneses. Pero el desarrollo de un arma nuclear requería un compromiso masivo de fondos gubernamentales, fondos que deberían ser desviados del proceso convencional de la guerra. Si se pudieran construir bombas atómicas, serían decisivas, en cuyo caso ningún beligerante podría permitirse no perseguirlas. Pero hacer ese juicio dependía de las evaluaciones

corolarias: la primera, si esas armas fueran o no creadas—si la naturaleza soportaría la ocurrencia de tal explosión; la segunda, si el enemigo fuera o no capaz de producirlas a tiempo para afectar el resultado de la guerra. Ambas evaluaciones dependían críticamente de cuánto confiaban los científicos en sus gobiernos y de cuánto los gobiernos confiaban en sus científicos.

La confianza no sería un problema definitivo más tarde, después que el secreto, el único secreto—que el arma funcionaba— se conociera. Esta primera vez, sin embargo, sería crucial, como lo señaló el físico soviético Victor Adamsky, que había trabajado en la bomba soviética:

La tensión (entre los científicos y los gobiernos) surgió del hecho que a priori no existía la certeza de la posibilidad de crear una bomba atómica, y simplemente para aclarar el asunto era necesario atravesar una etapa intermedia: crear un dispositivo (un reactor nuclear) para realizar una reacción en cadena controlada en lugar del tipo explosivo. Pero la implementación de esta etapa requeriría costos extraordinarios, incomparable a cualquier gasto previamente utilizado para beneficio de la investigación científica. Y fue necesario decir esto directamente a su gobierno, dejando claro que los gastos podrían ser en vano—la bomba atómica podría no concretarse... Los científicos nucleares americanos... se dirigieron al Presidente...directamente y describieron dicha situación complicada para él... Después de una cantidad de postergaciones que son inevitables aún en una sociedad democrática, en los Estados Unidos se tomó una decisión: hacer que la investigación sea exhaustiva como lo requiere la lógica, sin tener en cuenta la [in]certeza del resultado final.

...En Alemania no hubo tal confianza y mutuo entendimiento (7).

En los Estados Unidos estaba el fideicomiso, y el presidente Franklin D. Roosevelt autorizó debidamente un programa Anglo-Americano a gran escala de armas nucleares el 9 de octubre de 1941. En Alemania, no había confianza por ninguno de ambos lados (científicos/gobierno) y el programa alemán se fragmentó y se estancó. Después de 1942, Werner Heisenberg, Otto Hahn, Richard von Weizsäcker centraron su atención en la construcción de un reactor nuclear y la bomba fue abandonada. Los científicos alemanes tampoco creían que los Aliados pudieran hacer lo que ellos mismos no habían considerado factible (8).

El programa francés nació muerto. Los soviéticos, luchando por sus vidas contra una invasión alemana casi abrumadora, suspendieron sus primeros trabajos, no del todo convencidos de su importancia, y lo revivieron en 1943 después que el Ejército Rojo rechazara la Wehrmacht en la afueras de Moscú y el espionaje revelara la extensión de los programas de desarrollo en Gran Bretaña y los Estados Unidos. Los japoneses vieron que un programa de bombas estaba más allá de sus recursos, estimaron incorrectamente que también estaba más allá de los recursos estadounidenses, y redujeron sus esfuerzos a estudios de laboratorio en separación de isótopos de uranio.

Los Anglo-Americanos sabían muy poco de estos desarrollos. Hasta 1944, corrieron contra un reloj imaginario alemán, calculando que desde el descubrimiento de la fisión en adelante, los alemanes podrían tener al menos una ventaja de dos años. Luego otro reloj más terrible marcaba las horas del proyecto: el reloj era la guerra en sí misma, de los jóvenes que morían en los campos de batalla de Europa y Rusia y las sangrientas playas del Pacífico. Los alemanes, los británicos, los franceses había estado utilizando gases venenosos en la última Gran Guerra, como todos decían, para acortar la guerra y salvar vidas; Robert Oppenheimer, que reclutaba científicos para un laboratorio secreto en Nueva México donde se diseñaron y construyeron las primeras bombas, murmuraba que no podía decirles lo que estaban haciendo, pero que les podía decir que con su trabajo finalizaría la guerra y salvaría vidas.

Antes que Oppenheimer comenzara el reclutamiento, Szilard, Fermi, y sus colegas en la Universidad de Columbia y luego en la Universidad de Chicago tenían que llevar a cabo el paso intermedio mencionado por Adamsky: tenían que construir un reactor nuclear experimental para comprobar la posibilidad de alcanzar una reacción en cadena controlada en uranio. Esta sería una reacción en cadena de neutrones lentos, multiplicándose en milésimas de segundo y relativamente fácil de controlar, no la reacción en cadena de neutrones rápidos en microsegundos que procedería de una bomba, pero la fisión era la fuente de energía en ambas configuraciones. El diseño de reactor funcionó y lo patentaron conjuntamente. El reactor consistía en un conjunto esférico, grande como un garaje para dos automóviles, de bloques de grafito perforados con agujeros ciegos en los que se insertarían discos o cilindros de óxido de uranio o de uranio metálico. Necesitaban 700.000 libras de grafito altamente purificado; todo el uranio metálico que pudieron conseguir

fue de 5,6 toneladas; y alrededor de 36 toneladas de óxido de uranio. Ninguno de estos materiales podía comprarse en el mercado, su fabricación tuvo que ser desarrollada y subsidiada.

Al final de la guerra en 1945, el “secreto” de la bomba daría como resultado la producción industrial a una escala enorme -200 mil millones de dólares-, aproximadamente el mismo costo de ir a la Luna veinte años después. Lo que comenzó como un experimento de mesa en un banco de laboratorio en Alemania en 1938, se convirtió, en los Estados Unidos, en una industria a una escala comparable a la industria automotriz de la época (9). Niels Bohr había regresado a Dinamarca en 1939 con la convicción de que ninguna nación podía permitirse construir tal industria en tiempos de guerra. Los Estados Unidos no solo lo hicieron, lo hizo de manera redundante, siguiendo tres caminos diferentes y costosos para acumular las cantidades necesarias de materiales fisionables. El Proyecto Manhattan, como se bautizó el programa para construir bombas atómicas, tenía una mayor prioridad para los materiales y el personal que cualquier otro programa de la guerra-no porque alguien pensara que la bomba atómica ganaría la guerra, sino porque su sola posesión por parte de un enemigo podría convertir abruptamente la victoria de los Aliados en derrota.

Fermi denominó su construcción “pila” porque estaba construida de este modo: apilamiento de capas de ladrillos de grafito con cilindros de uranio transversalmente uno encima del otro para lograr una masa crítica. La pila no solo probaría la reacción en cadena; también sería un modelo de caldera para transmutar a partir del uranio el primer elemento artificial, el plutonio, descubrimiento del radioquímico de Berkeley Glenn Seaborg, varias veces más fisionable que el mismo uranio. La pila de Fermi se hizo crítica en una cancha de squash de dobles bajo las gradas del Stagg Field en la Universidad de Chicago el 2 de diciembre de 1942, a casi un año del día después del ataque japonés a Pearl Harbor.

Científicos del Laboratorio de Metalurgia de la Universidad de Chicago determinaron los parámetros del sitio donde sería producido el plutonio para las primeras bombas atómicas. El Coronel del Cuerpo de ingeniería de la Armada de 33 años, Franklin T. Matthias, conocido por sus amigos como “Fritz”, escribió los requisitos en su diario después de tener una reunión en la oficinas de DuPont en Wilmington, Delaware, el 14 de diciembre de 1942: el sitio necesitaba ser suficientemente amplio para acomodar un área de fabricación de aproximadamente 20 x 25 kilómetros, con ninguna autopista pública o vía férrea en una distancia de hasta 25 km, un suministro de agua de al menos 100.000 litros por minuto y un suministro eléctrico de al menos 100.000 kW. Matthias miró en el área de Grand Coulee de Washington y en varios sitios en Tennessee antes de volar sobre Hanford en un avión de observación de la Amada. “Volví por [el] Horse Heaven [Hills]”, recordó después de muchos años-“en el área noreste de Plymouth-y sobre la montaña Rattlesnake al sitio de Hanford desde el oeste, y sobrevolé esa montaña, y había mirado todo lo demás, y en ese momento supe que era allí”. Su jefe, el brigadier Leslie Richard Groves, estuvo de acuerdo, y el Cuerpo de Ingenieros comenzó las evaluaciones de las tierras en el sitio de Hanford en enero de 1943.

La primera gran pregunta fue: qué clase de sistema de refrigeración utilizar en los reactores de producción que se construirían allí y funcionarían en Hanford para hacer plutonio?. El grafito serviría como moderador, el uranio metálico como combustible. La reacción de fisión en cadena liberaría decenas a cientos de miles de kW de energía, y como estos reactores se construirían para reproducir plutonio, la energía no se utilizaría para hacer vapor y generar electricidad pero tendría que ser transferida. La primera reacción en cadena en la pila de uranio natural en la cancha de squash en la Universidad de Chicago funcionó con una reactividad apenas positiva de 1,006, de modo que la conservación de neutrones era un tema importante. El helio, que no absorbió ningún neutrón, fue la primera elección como refrigerante, pero el físico teórico húngaro Eugene Wigner, entrenado como ingeniero, sostuvo que el agua era mejor refrigerante a pesar de su propensión de absorber neutrones porque sería más simple y más rápido de manejar. Wigner consideró que con materiales puros se mejoraría la reactividad en reactores de producción de gran tamaño. Estaba convencido que la Alemania nazi estaba adelantada respecto de los Estados Unidos en el desarrollo de la bomba. Incluso se mudó con su familia a Chicago en diciembre de 1943, cuando estimó que la ventaja de Alemania podría haberles dado bombas atómicas para entonces, y pensó que Alemania, lógicamente, haría caer la primera bomba sobre el Laboratorio de Chicago.

Eventualmente Enrico Fermi, General Groves y Crawford Greenewalt de DuPont cambiaron de opinión a un sistema de enfriamiento por circulación de agua. Wigner diseñó un reactor elegante: un conjunto de tres pisos de bloques de grafito ahuecados con una red cilíndrica de canales dentro de los que se insertaban cilindros de uranio metálico envainados con aluminio. Agua del río Columbia fluía a través de canales en torno a los

cilindros de uranio para su refrigeración, y cuando los cilindros de uranio estaban suficientemente expuestos al flujo neutrónico de la pila para reproducir aproximadamente un peso de una moneda de diez centavos de neptunio, elemento 93, por tonelada de uranio, podían llevarse a una pileta de enfriamiento, donde el neptunio decaía rápidamente a plutonio, elemento 94.

Lo cual trae a colación uno de los misterios que mencionó el autor de este artículo. El reactor B en Hanford fue el primero en llegar a crítico, al final de la tarde del 26 de septiembre de 1944. A la mañana siguiente la potencia se incrementó a 9 MW y se mantuvo a esa potencia. Entonces, para sorpresa y consternación de todos, la reactividad comenzó a disminuir lentamente, a un ritmo que bajaría la reacción por debajo de criticidad a alrededor de las 18 horas. Para desacelerar cualquier posible fuga de agua se redujo la presión, lo que redujo la potencia a 200 kW, pero la reactividad continuaba disminuyendo, momento en el que se decidió apagar el reactor y buscar fugas.

Cuando Crawford Greenewalt volvió con Fermi la siguiente mañana, 28 de septiembre, escribió más tarde, “encontré que la pila había muerto de acuerdo a la predicción, pero misteriosamente comenzó a vivir a alrededor de la 1 a. m. del día de hoy. La reactividad aumentaba constantemente”, Greenewalt continúa, “y a las 7 a. m. se comenzó a controlar la potencia a 0,2 MW. A partir de este momento la reactividad siguió aumentando...Durante la noche se hizo un intento para encontrar fugas pero no de manera concluyente ni exitosa.” Se continuó tratando de buscar fugas, pero habían comenzado a creer que algo estaba envenenando la reacción, y por la noche, para poner a prueba esta sospecha, levantaron la potencia a 9 MW, Greenewalt escribió en su diario, “y el fenómeno anterior se repetía casi exactamente: la reactividad primero se aplanaba, y luego disminuía...A medianoche se bajó la potencia nuevamente a 0,2 MW y cuando me retiré a las 2:30 a. m. la reactividad seguía disminuyendo y definitivamente parecía como si volviera a aumentar”, es decir, a cambiar de tendencia.

Dado que la reactividad parecía ser cíclica con el aumento y luego disminución del veneno, se pensó en dos explicaciones posibles: o bien la radiación del reactor hacía que cierta sustancia se depositaba en los cilindros de uranio y en los tubos-que el agua de refrigeración luego disolvía cuando la potencia de la pila bajaba- o que ciertos productos de fisión de períodos de semidesintegración cortos estaban decayendo a una hija radioactiva de período de semidesintegración largo con un gran apetito de neutrones. A partir de los datos sobre los cambios de la reactividad de la pila, Greenewalt graficó el período de semidesintegración de la hija en 11,7 horas, pero, escribió, “no se podía pensar en ningún proceso radioactivo razonable que produjera tal resultado”.

Por la mañana del viernes, 29 de septiembre, sin embargo, el físico John Wheeler resolvió el misterio. El culpable era la cadena de fisión después de todo. Lo más probable, pensó Wheeler, el iodo-134 de 6,6 h de período de semidesintegración decaía a xenón-135 de 9,1 h de período de semidesintegración. La pérdida de reactividad que el xenón había causado significaba que tenía treinta veces más apetito de neutrones que para cualquier otro isótopo previamente conocido. Wheeler calculó que se podía anular el envenenamiento mediante el aumento de la reactividad de la pila en 1,3%, lo que se podía realizar cargando más canales con cilindros de uranio-hasta 1500 canales y, si fuera necesario, 2000.

Por qué el reactor se había construido con canales adicionales no utilizados? La explicación aceptada que puede haber venido de los recuerdos de posguerra de Fritz Matthias, es que los ingenieros de DuPont eran conservadores y querían dejar un margen de seguridad en el caso que surja un problema. En contraste, Wigner, confiando en sus cálculos y queriendo adelantarse cuanto más sea posible para batir a los alemanes, había diseñado un reticulado-el arreglo horizontal cilíndrico mencionado- que optimizó el uso de la cantidad mínima necesaria de canales. Pero no fue simplemente el conservadurismo de DuPont que condujo a Crawford Greenewalt ordenar canales extras perforados a través de las esquinas de la estructura cúbica de grafito. John Wheeler le había asegurado a Greenewalt que no habían productos de decaimiento desconocidos que envenenasen la reacción en cadena, y Greenewalt parece que había aceptado la seguridad de Wheeler. (El exceso de confianza de Wheeler puede explicar por qué se apuraba tanto en identificar los isótopos que causaban el envenenamiento).

En realidad Greenewalt estaba preocupado con un problema diferente: la corrosión de las vainas alrededor de los cilindros de uranio, que podría conducir a una fuga de los productos de fisión muy radioactivos en el agua refrigerante y así al ambiente. Él se percató que era posible que los cilindros de uranio debieran tener un envainado doble para impedir su corrosión, en cuyo caso el aluminio extra debería absorber suficientes

neutrones como para aplacar la reacción en cadena. Para prepararse para esa posibilidad, Greenwalt ordenó las esquinas de los bloques del reactor perforados con canales extras donde podían insertarse más uranio para aumentar el flujo del reactor y anular el problema de la vaina doble de aluminio si este aparecía-y fortuitamente, los canales estarían disponibles para superar el envenenamiento por xenón que nadie había esperado. La decisión de Greenwalt fue crucial, y él la mantuvo a pesar de la recomendación contraria del jefe del Met Lab. Si DuPont hubiera seguido la recomendación arrogante del Met Lab, todo el programa de producción de plutonio de Hanford se hubiera parado hasta que se construyesen nuevos diseños de pilas de producción, y los Estados Unidos hubieran producido solamente una bomba atómica, la bomba de uranio, Little Boy, a tiempo para repercutir en el resultado de la guerra.

Los nuevos canales fueron rápidamente recubiertos, entubados y cargados, y el 24 de noviembre de 1944, los primeros cilindros de uranio irradiados en el Reactor B fueron puestos en la piletta de enfriamiento.

El reactor D llegó a crítico el 17 de diciembre de 1944, a las 11:11 a.m., y el 26 de diciembre, la primera carga de metal del reactor B fue disuelta en el edificio de separación 200-N.

Para entonces el Taller de Ingeniería de Handford era la tercera ciudad más extensa en el estado de Washington, una sociedad pujante que dirigía Fritz Matthias. La temporada de baseball había abierto el último verano anterior cuando seis grupos de trabajo habían formado sus equipos. Donde había habido huertos y escarabajos polvorientos, cobró vida una comunidad de 50.000 personas a una distancia segura al sur de las pilas y armas futuristas, que estaba encontrando su identidad. “En el juego del domingo”, señaló Matthias con orgullo, “probablemente habían 5.000 espectadores. El plan era que se jugaran tres partidos cada domingo hasta el final de la temporada”. En el área residencial de Handford surgieron iglesias así como escuelas, barberías, salones de belleza-y bares. Los nativos americanos aún sacaban salmones del río en un campamento que databa de la época de Lewis y Clark; y como el campamento estaba en área segura, Matthias había accedido a suministrar camiones a la tribu para transportar los salmones al ahumadero.

Durante enero de 1945 se procesaron seis series de extracción de plutonio, lo que resultó una “carga” de plutonio de 97% de pureza. “La cantidad de plutonio producida”, informa el historial de DuPont, “se cargó en una “lata de muestras”... el 1 de febrero de 1945. Como el cierre de las latas de muestras mostró tener una alta probabilidad de fuga, se decidió evaporar la solución producto casi hasta la sequedad después de haberla enlatado. Esto se hizo en el primer envío y en todos los posteriores.” De acuerdo a Matthias, la cantidad involucrada fue de “72.000 unidades”, lo que probablemente significa 720 gramos-tres cuartos de kilogramo-extraído cuidadosamente a partir de decenas de toneladas de uranio disuelto. El mismo Matthias hizo esa entrega, el 5 de febrero de 1945: “Conduje desde Handford a Portland”, recordó, “Me acompañaba una persona y teníamos un espacio cerrado con llave en el tren desde Portland a Los Ángeles. [El contenedor con el plutonio era] alrededor de un cubo de 60 cm, envuelto en papel de regalo y atado con cuerdas, dentro del cual había como un tubo de ensayo suspendido y asegurado-rodeado completamente de plomo y puesto de tal manera que permaneció derecho en el medio de la caja. Era algo bastante pesado, y lo llevé como una caja que cualquier viajero podría llevar consigo”.

El Reactor F se puso crítico el 25 de febrero de 1945, y otro envío del producto salió de Handford el 1 de marzo. El Reactor F estuvo funcionando sin problemas, uno de los tres ahora estaba reproduciendo plutonio durante todo el día. Matthias pudo informar a Groves a comienzos de marzo que 10 kg de plutonio-suficiente para dos bombas-estarían listos para ser enviados entre el 18 de abril y el 12 de julio. Los primeros 5 kilogramos se usarían para probar el sistema de implosión que había concebido Los Álamos; los 5 kilogramos siguientes se destinarían a Japón. En un memorándum que Groves preparó para el presidente Truman el 23 de abril de 1945, poco después de la muerte de Franklin Roosevelt, resuelve otro misterio-si hubiera estado lista antes de la rendición alemana en mayo, se hubiera utilizado la bomba en Alemania?. “El objetivo”, dice Groves, le dijo al presidente, “es y siempre se esperaba que fuera Japón”.

Para el 3 de mayo, Matthias había calculado0 que 20 latas de plutonio-alrededor de 3 kg-habían dejado Handford para Lo Álamos. Después de las entregas iniciales, Matthias había comenzado a entregar las latas en ambulancia del ejército hasta Salt Lake City, donde eran transferidas a otra ambulancia conducida desde New Mexico. Los envíos tardaron solo dos días, de principio a fin, para llegar a Los Álamos, Matthias observó con orgullo en su diario, “mucho mejor de lo que podría hacerse por tren”. Él anotó el Día VE-Victoria en Europa, la derrota de la Alemania nazi- el 8 de mayo, instándose a sí mismo de asegurarse que la película del Departamento de Guerra “Dos abajo y uno para irse” recordara a los trabajadores de Handford que los Aliados

habían derrotado a la Italia fascista y a la Alemania nazi pero que todavía estaban librando una guerra en el Pacífico contra los japoneses. Estaba contento con los resultados de producción de plutonio, que atribuyó a “la reducción de los períodos de enfriamiento originales” que permitió “el procesamiento del material enfriado en una fecha anterior a la programada”. El coronel Kenneth Nichols, el segundo de Groves, pudo escribir al director de los Álamos, Robert Oppenheimer, prometiéndole la producción acumulada y entrega de 7 kg de plutonio para el 1 de junio, 13 kg para el 1 de julio, 20 kg para el 1 de agosto, 26 kg para el 11 de septiembre, 40 kg para el 1 de octubre y 54 kg para el 31 de octubre. A 5 kg por bomba, la producción sería suficiente para 10 bombas, y sobraba.

Como había dos tipos de materiales nucleares, uranio y plutonio, había dos tipos de bombas. El diseño más conservador, apodado Little Boy, era un cañón de 192 cm con un cilindro de  $^{235}\text{U}$  instalado dentro del mismo y un conjunto de anillos apilados del mismo material para ser accionado por el cañón en el momento adecuado como un proyectil de artillería. Cuando los anillos chocaban con el cilindro blanco de material fisionable formaban una masa supercrítica y se iniciaba la reacción en cadena. La bomba tipo pistola era extremadamente ineficiente, pero experimentos con uranio diluido confirmaron que era confiable, tanto que se certificó para su uso sin ensayos de prueba. En cualquier caso, no había suficiente uranio enriquecido para un ensayo; la primera Little Boy construida fue la única que se usó.

En la primavera de 1944, el laboratorio secreto de Oppenheimer, Los Álamos, en una extensión de la vasta depresión Valle Grande al noroeste de Santa Fe, descubrió horrorizado que una mezcla de plutonio-240 e isótopos superiores reproducidos en el reactor Hanford-reproductor de plutonio que hizo ese material tan inestable- que un apilamiento que fuera encendido por un cañón de pistola incluso a casi 1 km de altura por segundo se derretiría antes de que tuviera tiempo de aparearse y explotar a pleno rendimiento. Ese verano, Oppenheimer ordenó un cambio masivo de prioridades en el laboratorio para desarrollar un método alternativo de ensamblaje de una masa crítica, un método que los físicos denominaron implosión: usando una esfera apropiada de explosivos para presionar otra esfera subcrítica de plutonio y llevarla a densidad crítica.

El laboratorio trabajó noche y día por el resto de 1944 y la primera mitad de 1945 para desarrollar la implosión; la tecnología era lo suficientemente poco confiable aún como para requerir un ensayo a gran escala. El ensayo, en el desierto de New Mexico al noroeste de Alamogordo, contó hasta cero justo antes del amanecer del 16 de julio de 1945, hasta producirse la primera reacción en cadena de neutrones rápidos artificial a gran escala, que dio como resultado una explosión con una fuerza equivalente a la de 18.000 toneladas de TNT, 18 kilotones: una gran bola de fuego iluminó la mañana antes del amanecer, impulsando en el aire prístino del desierto un tronco de gas y humo. “Nadie que lo haya visto podrá olvidarlo”, dijo el director del ensayo, Ken Bainbridge; lo denominó “una exhibición impresionante y repugnante” (10). Esa misma mañana, el destructor Indianápolis zarpó de la bahía de San Francisco llevando a Little Boy y su bala de uranio, rumbo a la isla Tinian en las Marianas, a más de mil kilómetros de Japón, donde los aviones B-29 especialmente configurados llevarían las armas nucleares a Japón como se había establecido en los meses de junio y julio. El conjunto de blancos de Little Boy fue transportado por aire el 26 de julio. También lo hicieron dos conjuntos de alto explosivo para las bombas de plutonio-el arma de implosión esférica apodada Fat Man, que se usaría después de Little Boy, y una segunda bomba Fat Man para la cual un núcleo de plutonio estaría listo el 12 de agosto. Si fuera necesario, estarían listas más bombas atómicas, Oppenheimer proyectó a finales de julio: “.....posiblemente tres en septiembre”, le dijo a Groves, “esperamos siete o más en diciembre” (11).

El presidente Harry Truman esperaba ansiosamente en la Conferencia de Potsdam la noticia de un ensayo exitoso. El resultado lo animó. La Unión Soviética todavía era oficialmente neutral en la Guerra del Pacífico; Stalin había prometido declarar la guerra y comenzar a luchar contra los japoneses el 15 de agosto, y hasta que llegó la noticia de la exitosa prueba en New Mexico, la mayor preocupación de Truman había sido apuntalar el compromiso de Stalin. El resultado del ensayo cambió el interés; ahora Truman quería finalizar la guerra antes que los rusos se unieran a ella, para evitar una división política de Japón como la división política que estaba desarrollándose en Alemania. Como Truman le confió a su diario, “Creo que Japón se doblegará antes que Rusia ingrese a la guerra. Estoy seguro que sucederá cuando Manhattan aparezca sobre su territorio” (12). El general George Marshall, jefe de personal del ejército, cuya opinión todo el mundo respetaba, recordó más tarde por qué no hubo más discusión en los últimos días del verano sobre la demostración o lanzamiento de la bomba:

“Consideramos el asunto de dejar caer la bomba [atómica] como sumamente importante [dijo Marshall]. Acabábamos de pasar por una experiencia amarga en Okinawa [la última gran campaña, cuando los Estados Unidos perdió más de 12.500 hombres entre muertos y desaparecidos, y Japón más de 100.000 muertos en ochenta y dos días sombríos de lucha. Esto había sido precedido por una cantidad de experiencias similares en otras islas del Pacífico, al norte de Australia. Los japoneses habían demostrado en cada caso que [Marshall continúa] que no se rendirían y pelearían hasta la muerte...Se esperaba que la resistencia en Japón, con sus lazos domésticos, sería aún más severa. Habíamos matado a 100.000 personas en Tokio en una noche con bombas de fuego convencionales, y aparentemente no había tenido ningún efecto. Destruímos ciudades japonesas, sí, pero su moral no estaba afectada, por lo que pudimos ver, en absoluto. Por lo tanto, parecía que era necesario, si podíamos, confundirlos en acción... Tuvimos que terminar la guerra [concluye Marshall], tuvimos que salvar vidas estadounidenses” (13).

Podría agregar que también los japoneses viven. Y, en realidad, las primeras bombas atómicas no serían siquiera una extensión cuantitativa de la destrucción que el bombardeo estratégico ya había causado sobre las ciudades de Japón; desde abril, el general de la Fuerza Aérea Curtis LeMay había bombardeado sistemáticamente ciudades japonesas una por una para causar destrucción, matando cientos de miles de ciudadanos en el proceso; para el 1 de agosto, los B-29 estaban incendiando ciudades de menos de 50.000 habitantes, casi las únicas ciudades que quedaban para quemar. Hiroshima y Nagasaki sobrevivieron para ser bombardeadas con armas atómicas porque habían sido deliberadamente reservadas como objetivos, de manera que se pudiera evaluar los efectos de esas primeras bombas atómicas.

El 6 de agosto se devastó completamente Hiroshima. Little Boy produjo un rendimiento de 15 kilotones. De los 76.000 edificios en la ciudad portuaria del sur repartidos en los siete estuarios del río Ota, 70.000 fueron dañados o destruidos, 48.000 totalmente. El 90% del personal médico de Hiroshima fue asesinado o discapacitado. Hasta el 1 de septiembre al menos 70.000 personas murieron. Más ciudadanos murieron posteriormente a consecuencia de los efectos de la radiación.

George Marshall recordó que estaba sorprendido y conmovido porque los japoneses no demandaron inmediatamente la paz. “Lo que no tuvimos en cuenta,” dijo, “..fue que la destrucción sería tan completa que pasaría un tiempo apreciable antes que los hechos reales del caso llegara a Tokio...Creo que no hubo comunicación por al menos un día, tal vez más” (14). La Fuerza Aérea distribuyó millones de panfletos sobre las ciudades japonesas en los siguientes días sugiriendo que los escépticos “investiguen lo que sucedió en Hiroshima” y pidiendo a los japoneses que “soliciten al Emperador que ponga fin a la guerra” (15). También continuó el bombardeo convencional.

Pero inmediatamente hubo una lucha por el poder entre líderes civiles y militares dentro del gobierno japonés, sin el surgimiento de rendición alguna, y el 9 de agosto Fat Man estalló sobre Nagasaki con un rendimiento de 22 kilotones, matando al menos otras 40.000 personas y desbastando otra ciudad japonesa. La Unión Soviética también entró en la guerra, enfrentando a los líderes japoneses con nuevos ejércitos y navíos atacando en Manchuria y descendiendo desde el norte en Hokkaido. Finalmente, rompiendo la tradición, el Emperador Hiroito insistió en que el gobierno comunicara su rendición, y de mala gana lo hizo. En su histórica transmisión a su pueblo el 15 de agosto, Hiroito citó específicamente “un arma nueva y más cruel, cuyo poder de daño es verdaderamente incalculable, cobrando muchas vidas inocentes” como “la razón por la que hemos ordenado la aceptación de las disposiciones de la Declaración Conjunta de las Naciones” (16).

Las bombas atómicas que explotaron en Hiroshima y Nagasaki no ganaron la guerra del Pacífico, sino que contribuyeron de manera crucial a la finalización de la guerra. Lo que pudo haber sucedido si las bombas no se hubieran utilizado, nadie lo puede decir con certeza, excepto que las dos que fueron bombardeadas con armas nucleares seguramente lo hubieran sido con bombas incendiarias convencionales, cobrándose probablemente la misma cantidad de vidas. Los japoneses podrían haberse rendido. O los Aliados podrían haber tenido que invadir las islas japonesas, ya que estaban preparándose vigorosamente para ello. Rusia se habra unido a esa invasión y, de haberlo hecho, ciertamente habrían insistido en obtener una mayor parte del botín que las islas Kuril. Japón podría haber sido dividida como lo fueron Corea y Alemania.

¿Fue necesario arrojar las bombas? ¿Eran armas de destrucción masiva? ¿Fue su uso un crimen contra la humanidad? Creo que preguntas como éstas plantean la verdadera pregunta, que es por qué la guerra se hizo mucho más destructiva en la primera mitad del siglo XX que nunca antes en la historia de la humanidad. Se



hizo, creo, porque las tecnologías eficaces para matar enfermaron el ejercicio tradicional de la soberanía nacional. Para citar la Encuesta de Bombardeo Estratégico de los Estados Unidos:

“La cantidad de muertes civiles en Japón superó ampliamente el número de muertes militares causadas a los japoneses en combate por las fuerzas armadas de los Estados Unidos. Esta declaración está impregnada de significado, ya que si todavía hay dudas de que el énfasis en la guerra se trasladó de las fuerzas militares a la población civil, entonces este hecho debería disipar toda incertidumbre (17)”.

En el pasado con enfermedades, bloqueos, hambruna e incendios algunas veces había sido posible matar a una gran cantidad de personas. El arsenal de artillería y bombardeo aéreo del siglo XX hizo tal matanza más segura y más eficiente-la hizo industrial, la produjo en masa, de modo que la cantidad de muertes fuera función directa del tiempo y recursos invertidos en el trabajo, como en el caso de salchichas o automóviles. La bomba atómica fue la culminación de esa tendencia, un mecanismo que condujo a la muerte total de sus objetivos de manera barata, indiscriminada y casi instantánea: si las personas murieran o no en Hiroshima o Nagasaki no dependía de sus identidades-ya fueran combatientes o no combatientes, trabajadores forzados coreanos, mujeres embarazadas, niños, abuelas, recién nacidos o sacerdotes sintoístas-sino meramente del accidente de estar en ese día en la zona cero.

Los últimos días de la Segunda guerra Mundial marcaron un punto de inflexión en la historia de la humanidad, el punto del ingreso a una nueva era en que la humanidad por primera vez adquirió los medios de su propia destrucción. A Niels Bohr le gustaba decir que el objetivo de la ciencia no es la verdad universal. Más bien, pensó Bohr, el objetivo modesto pero implacable de la ciencia es lo que él denominó “la eliminación gradual de los prejuicios” (18). El descubrimiento que la tierra gira alrededor del sol eliminó el prejuicio de que la tierra era el centro del universo. El descubrimiento de los microbios eliminó el prejuicio de que la enfermedad era un castigo de Dios. El descubrimiento de la evolución eliminó el prejuicio de que el Homo Sapiens era una creación independiente y especial. El descubrimiento de cómo liberar energía nuclear, y su aplicación para construir armas de destrucción masiva, está eliminando gradualmente el prejuicio sobre el que se basa la guerra: la insoportable convicción que hay una cantidad limitada de energía disponible en el mundo para concentrarla en explosivos, que es posible acumular más de dicha energía que los enemigos de uno y de ese modo, prevalecer militarmente. Tan barato, tan portátil, tan holocausto, las armas nucleares finalmente hicieron que naciones estados tan beligerantes como los Estados Unidos y la Unión Soviética prefiriesen sacrificar una parte de sus soberanías-prefirieron renunciar al poder para hacer una guerra total-en lugar de ser destruidas en su furia. Continúan guerras menores, y continuarán hasta que la comunidad mundial se convenza suficientemente de su inutilidad destructiva como para forjar nuevos instrumentos de protección y nuevas formas de ciudadanía. Pero, al menos, se ha revelado que la guerra a escala mundial es histórica, no universal, una manifestación de tecnologías destructivas de escala limitada. En la larga historia de la masacre humana, eso no es un logro pequeño.

Estas son verdades duras, pero la guerra total es más dura. Como comenta en su autobiografía el matemático polaco Stanislaw Ulam, co-inventor de la bomba de hidrógeno: “Para mí todavía es una fuente interminable de sorpresas ver cómo unos pocos garabatos en un pizarrón o en una hoja de papel podrían cambiar el curso de los asuntos humanos” (19).

Referencias:

- (1) Comunicación personal
- (2) Spencer Weart and Gertrude Weiss Szilard, eds., *Leo Szilard: His Version of the Facts*. MIT Press, 1978, p. 62.
- (3) Citado en Charles Weiner, ed., *Exploring the History of Nuclear Physics*. AIP Conference Proceedings No. 7. American Institute of Physics, 1972, p. 90.
- (4) Robert Serber, *The Los Alamos Primer*. University of California Press, 1992, p. xxvii.
- (5) Citado en Daniel J. Kevles, *The Physicists*. Vintage, 1979, p. 324.
- (6) Serber, op. cit., Appendix I: The Frisch-Peierls Memorandum, p. 82.
- (7) V. B. Adamsky, "Becoming a Citizen," in B. L. Altschuler, et al., eds., *Andrei Sakharov: Facets of a Life*. Editions Frontières, 1991, p. 26, (traducción editada).
- (8) Hay evidencia abundante en este tema en las grabaciones de Farm Hall.
- (9) Bertrand Goldschmidt, *Atomic Adventure*. Pergamon, 1964, p. 35.

- (10) Kenneth Bainbridge, in Jane Wilson, ed., *All in Our Time*. Bulletin of the Atomic Scientists, 1975, p. 230.
- (11) U.S. National Archives, Manhattan Engineer District papers, 5E, *Terminal cables*.
- (12) Citado en Robert H. Ferrell, ed., "Truman at Potsdam." *American Heritage*, June-July 1980, p. 42.
- (13) Citado en Leonard Mosley, *Marshall*. Hearst, 1982, p. 337ff.
- (14) Citado en Mosley, op. cit., p. 340.
- (15) J.F. Moynahan to L. R. Groves, May 23, 1946, MED 314.7, History.
- (16) Citado en Herbert Feis, *The Atomic Bomb and the End of World War II*. Princeton University Press, 1966, p. 248.
- (17) *United States Strategic Bombing Survey*. Garland, 1976. Vol. X, p. 2.
- (18) Niels Bohr, *Atomic Physics and Human Knowledge*. John Wiley, 1958, p. 31
- (19) S.M. Ulam, *Adventures of a Mathematician*. Charles Scribner's Sons, 1976, p. 5.