

## A 25 años de la primera reacción nuclear en cadena

J. FLEGENHEIMER \*

En la tarde del 2 de diciembre de 1942 tuvo lugar, en una vieja cancha de pelota perteneciente a la Universidad de Chicago, la primera reacción nuclear en cadena provocada por la mano del hombre. En los días sucesivos, ningún titular de los diarios pudo referirse al hecho; y hasta qué grado el hombre había dominado, o desatado, el átomo, sólo se hizo público el 7 de agosto de 1945, cuando el Presidente Truman anunció por radio que la primera bomba atómica usada para fines militares había explotado sobre Hiroshima. Hubo que esperar hasta la publicación del informe Smyth <sup>(1)</sup>, en 1945, para poder tener una visión cabal del tremendo avance hecho en el campo atómico durante los seis años a que se extendiera la segunda guerra mundial.

Durante las cuatro décadas primeras del siglo xx, el campo del átomo había brindado avances espectaculares, efectuados generalmente por grupos reducidos en diversos países: el grupo de Rutherford en Inglaterra, el de Otto Hahn en Alemania, los Curie en Francia y el de Fermi en Italia. Este fue verdaderamente el tiempo de los pioneros, coronado por el descubrimiento de la fisión por Hahn a fines de 1938, en vísperas de la guerra. La noticia, traída por Niels Bohr a los Estados Unidos en enero de 1939, corrió como un reguero de pólvora en los círculos científicos.

La segunda guerra mundial puso fin a esta etapa: no sólo pronto se dejaron de publicar artículos sobre el tema, por acuerdo entre los científicos en los países aliados, sino que la segunda guerra mundial marca, casi instantáneamente, el paso hacia la industrialización del átomo y en una escala hasta entonces desconocida en el mundo. Todo coincidió: la concentración de un gran número de científicos altamente capacitados, emigrados del viejo continente por la presión del nazismo y el facismo; el poderío económico e industrial del país en el cual se concentraron; la oportuna insistencia de un visionario como Leo Szilard; el temor y el desconocimiento, por parte de los aliados, frente a los avances científicos de Alemania <sup>(2)</sup>.

A fines de 1939, un artículo de Turner en *Reviews of Modern Physics* analiza y discute los casi 100 trabajos aparecidos hasta entonces sobre la fisión. Pero durante 1940 el tema fisión desapareció de las publicaciones científicas como por encanto, y la gran cadena se puso en marcha. En octubre de 1939 el Dr. Sachs, amigo de Roosevelt, entregó a éste la carta de Einstein, que significó el comienzo del interés norteamericano en el programa atómico <sup>(3)</sup>. Roosevelt nombró el *Comité Asesor sobre el Uranio*, y los primeros fondos (¡u\$s. 6.000! Antes de explotar la primera bomba nuclear habrían de gastarse u\$s. 2.000.000.000) fueron puestos a disposición del Comité en febrero de

(\*) Comisión Nacional de Energía Atómica, Bs. Aires.

1940. En junio de 1940 este Comité integró el *Comité de Investigaciones para la Defensa Nacional* dirigido por Vannevar Bush, y el primer contrato de investigación (ya de u\$s. 40.000) se firmó en noviembre de 1940. El 6 de diciembre de 1941, el día antes de Pearl Harbor, se reorganizó el programa y se decidió hacer un esfuerzo total; en el mayor secreto y con grandes inversiones de dinero. Esta organización se conoció bajo el nombre de *Manhattan District* a partir de 1943.

En este enorme esfuerzo, que comprendió un gran número de científicos de primera línea y que fue amplísimo en sus temas, le tocó a Enrico Fermi una parte fundamental: averiguar si con una cantidad limitada de uranio natural podía producirse o no una reacción controlada en cadena. Fermi era el candidato ideal para esta tarea. El grupo de Roma, formado por Fermi, Segrè, Rasetti, Amaldi y D'Agostino, había trabajado en el bombardeo por neutrones de los elementos naturales a partir de 1934, inmediatamente después del descubrimiento de la radiactividad artificial por F. Joliot e I. Curie.

Los investigadores franceses habían usado partículas alfa del Polonio para bombardear elementos livianos; a Fermi se le ocurrió que, para llegar al núcleo, el neutrón podía ser un proyectil más eficiente, debido a su falta de carga eléctrica. Mediante un gramo de Radio prestado por el Laboratorio de Física de la Sanidad Pública, los investigadores italianos prepararon fuentes de neutrones de Radón-Berilio y se pusieron a buscar, recorriendo toda la tabla periódica, qué elementos podían activarse. Sobre esta época, la de gloria del grupo de Roma, hay una vívida descripción de la esposa de Fermi en su libro *Átomos en la Familia*<sup>(4)</sup>, con Fermi y Amaldi corriendo carreras por los corredores del Instituto de Física de Roma entre la fuente de neutrones y el contador Geiger: muchos de

los nucleídos producidos eran de período corto y había que apurarse para poder medirlos. Para entonces, Fermi, a la edad de 32 años, ya era todo un académico con derecho al título de *Su Excelencia*.

El resultado de estos trabajos fue, no sólo el hallazgo de un gran número de nucleídos radiactivos artificiales, sino también la demostración de que el bombardeo con neutrones producía en muchos casos el elemento siguiente en la tabla periódica. Y como asimismo fuera irradiado el último elemento existente en la naturaleza, el Uranio, se tuvo la convicción de haber producido artificialmente el elemento siguiente N° 93, desconocido hasta entonces. Desde luego tal posibilidad tenía que causar sensación en el mundo científico, y determinó que tanto I. Curie como O. Hahn y sus respectivos colaboradores se dedicaran a estudiar por métodos químicos los productos del bombardeo de Uranio por medio de neutrones.

Pero, para el descubrimiento de la fisión, aún faltaban cuatro años. Fermi y sus colaboradores, sin saberlo, habían sido los primeros en medir la desintegración de los productos de fisión del Uranio, tomándola por el elemento 93. Qué hubiera sido del mundo si la fisión se hubiera descubierto cuatro años antes, es difícil apreciar. Como dijo Segrè en el entierro de Fermi: "Dios, por sus propios motivos inescrutables, nos cegó a todos en aquel tiempo sobre el fenómeno de la fisión nuclear"<sup>(3)</sup>.

La continuación de sus trabajos en Roma familiarizó a Fermi aun más con los efectos producidos por neutrones, en especial, después de ser frenados por elementos livianos como los contenidos en parafina o agua. Pero las nubes negras ya empezaban a cubrir Europa; y en diciembre de 1938, al recibir Fermi el premio Nobel, decide emigrar a los Estados Unidos, aceptando un cargo de profesor en la Columbia University de Nueva York. Se-

grè ya estaba en los Estados Unidos. Rasetti iría al Canadá en 1939.

No sólo en los Estados Unidos se trabajaba en la reacción en cadena. También en Francia, Inglaterra y Alemania se estudiaba la posibilidad. Pero la guerra interrumpió muchas de estas tareas. Los 165 litros de agua pesada de Francia, casi todo el stock mundial, fueron transportados por Halban y Kowarski a Inglaterra en condiciones azarosas, en junio de 1940. A su vez, Inglaterra decidió proseguir la mayor parte de su programa en tierras más seguras: Canadá y los Estados Unidos, a partir de 1943. Sobre el programa alemán, los aliados no tuvieron información cierta hasta casi el fin de la guerra<sup>(2)</sup>.

Pero, mientras tanto, el mayor esfuerzo se concentró en los Estados Unidos. En junio de 1940, los grandes problemas eran: si el Uranio-235 podía separarse en grandes cantidades, y si podía lograrse una reacción controlada en cadena con Uranio natural. El grupo de Columbia, con Pegram, Fermi y Szilard a la cabeza, se dedicó a esta última alternativa usando grafito como moderador. El estudio se hizo con bloques de grafito, intercalados con uranio, y viendo como se frenaban, propagaban y multiplicaban los neutrones emitidos por una fuente. Los resultados fueron favorables; y aunque había gran escasez de material de suficiente pureza, se decidió incrementar el tamaño de la incipiente *pila*. Nuevos datos sobre secciones eficaces para neutrones fueron provistos por otros laboratorios como Princeton, donde se bombardeaba grafito con neutrones rápidos producidos por un ciclotrón.

Se llega así a julio de 1941: Fermi, Anderson, Feld, Weil y Zinn están trabajando con una pila en forma de cubo, de unos dos metros y medio de lado, con unas siete toneladas de Uranio en forma de óxido<sup>(1)</sup>. Para que la reacción en cadena se mantenga, el factor de multiplicación de los neutrones debe llegar a por lo menos 1. Los investigadores de Columbia

informan que han llegado a un factor de 0,87. Todos están de acuerdo en que el factor puede aumentarse; pero hacen falta mayores cantidades de materiales y de mejor pureza. En esto, un nuevo incentivo se agrega al trabajo sobre la reacción en cadena: en Berkeley se descubre el Plutonio. Su isótopo 239, que se produce por captura de un neutrón en Uranio-238 seguido de dos desintegraciones beta, tiene la propiedad de fisiónar como el Uranio-235. En una pila de uranio natural donde pueda sostenerse una reacción en cadena controlada, deben producirse grandes cantidades del nuevo elemento, separable por métodos químicos.

A principios de 1942 el grupo de Fermi se muda a Chicago, integrando en la Universidad el *Laboratorio Metalúrgico* (del cual se decía no contaba con ningún especialista en metalurgia), dirigido por A. H. Compton. La escasez de materiales todavía es tal, que no puede construirse inmediatamente una pila del tamaño necesario; pero se prosiguen los experimentos con pilas intermedias. En julio de 1942 la pila intermedia N° 9 produce el resultado buscado: de haber sido más grande, se calcula que su factor de multiplicación superaría a 1.

Fermi necesita espacio para sus pilas. El único lugar amplio disponible es un recinto cerrado, con más de 8 metros de altura, debajo de las tribunas del campo de deportes de la Universidad, usado anteriormente para jugar al *squash* (una especie de pelota a paleta). Allí se construyen las pilas, y allí se levanta la pila que dará éxito a la empresa. Se la construye con bloques de grafito, 6 toneladas de uranio metálico y además óxido de uranio, porque no alcanza la cantidad disponible del metal. Todo es negro en el recinto, incluso las manos y caras de los científicos, debido al polvo de grafito. La pila crece. Es un bloque de grafito sostenido por una estructura de madera; el uranio está dispuesto en forma de esfera,

con unos 8 metros de diámetro. Pero la esfera no llegará a completarse, pues debido a la pureza de los materiales utilizados, la criticalidad se alcanza antes de lo calculado.

Durante 6 semanas se levanta la estructura, y llega el 2 de diciembre de 1942. Según las mediciones y los cálculos, bastará retirar las barras de seguridad para que ocurra la reacción en cadena. Pero ¿cómo responderá la pila? ¿Podrá controlarse la reacción? Por si acaso, Fermi coloca a tres estudiantes encima de la pila, preparados con baldes que contienen solución de Cadmio. Los llama la *Brigada Suicida*, y tienen que volcar su solución, capaz de frenar la reacción en cadena por absorción de neutrones, a la primera señal de peligro. Entre las pocas personas presentes va creciendo la tensión. Fermi hace retirar muy poco a poco la barra de control, que absorbe los neutrones en cantidad suficiente como para impedir la reacción en cadena. A cada paso, los contadores indican un aumento de la actividad que luego se estabiliza. En realidad, todo va ocurriendo de acuerdo con las previsiones y cálculos. Pero subsiste el interrogante: ¿cómo se comportará la pila al llegar a criticalidad? Es la primera vez que el hombre se lanza a tal aventura. Nadie piensa en la hora. Y es así como Fermi, siempre el hombre de hábitos, sorprende a todos con la frase memorable: "Vayamos a almorzar".

Después de la comida, se sigue retirando la barra progresivamente, y a las 15.20 llega el momento histórico: las agujas de los registradores siguen subiendo. La pila mantiene la reacción en cadena por sí misma: crea tantos neutrones como los que consume. El hombre ha dominado la reacción nuclear en cadena. Es dueño de una nueva fuente de energía, y es capaz de fabricar en cantidad elementos que no se encuentran en la tierra.

Wigner, uno de los presentes, ofrece a Fermi una botella de Chianti italiano, que

según cuenta la leyenda, había ocultado detrás de su espalda durante todo el experimento. Todos brindan en silencio y firman la botella. En los momentos históricos, están demás los discursos. Más tarde, el Jefe del Laboratorio Metalúrgico, Compton, hace por teléfono la comunicación oficial del acontecimiento a Conant, quien se encuentra en Harvard. Pero por ser tiempos de guerra, la noticia tiene un sabor peculiar: "El navegante italiano ha llegado al Nuevo Mundo", informa Compton. —"¿Y cómo encontró a los nativos?", pregunta Conant —"Muy amistosos", fue la satisfactoria respuesta.

Cabe señalar que, de los contados presentes, el único que no pertenecía al laboratorio era C. H. Greenewalt, de la Compañía Du Pont (quien más tarde sería su presidente). Esa misma tarde Greenewalt decidía que su compañía cerrara el contrato para construir los grandes reactores, que ya se habían proyectado en anticipación a los hechos. Y las consecuencias posteriores son conocidas: la primera bomba nuclear, probada en Alamogordo el 16 de junio de 1945, fue de Plutonio; como también lo fue la segunda de las explotadas sobre el Japón, y que puso fin a la guerra (5).

El 2 de diciembre de 1942 la historia cambió definitivamente. El hombre entró en la edad atómica, y para bien o para mal vivimos en ella. Las nuevas generaciones han heredado esta realidad, y a ellas les tocará resolver los problemas que todo cambio fundamental trae consigo. Para comprender mejor el presente, es bueno recordar sus raíces en un pasado tan cercano como este.

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) HENRY D. SMYTH: "Atomic Energy for Military Purposes", Princeton University Press, 1946.
- (2) SAMUEL A. GOUDSMIT: "Alsos", Sigma Books Ltd., 1947.
- (3) ROBERT JUNGK: "Brighter than a Thousand Suns", Grove Press Inc., 1958.
- (4) LAURA FERMI: "Atoms in the Family", G. Allen & Unwin Ltd., 1955.
- (5) GOVERNMENT OF INDIA: "Nuclear Explosions and their Effects", Publications Division, Delhi, 1958.