

El verano de 1942 en Chicago

por B. Goldschmidt*

El 2 de Diciembre de 1942 entró en criticidad el primer reactor nuclear construido por los hombres, naciendo así la era nuclear. En su "Political history of nuclear energy"[†] recientemente terminada, el Sr. Goldschmidt relata la historia completa de la era nuclear, desde el descubrimiento de la fisión hasta el momento actual. En el extracto de su libro que figura a continuación, el Sr. Goldschmidt describe su participación personal en el programa de investigaciones nucleares de los Estados Unidos y sus relaciones con los investigadores de la Universidad de Chicago, recordándonos que el logro de Fermi, a pesar de su valor histórico, no fue la prima reacción en cadena que se ha producido en la Tierra.

● Como representante de los británicos y en tanto que único francés participante en los trabajos realizados en los Estados Unidos tuve la suerte de seguir de cerca durante unos meses, de julio a octubre de 1942, el espectacular desarrollo de tal empresa de Chicago.

Mi especialización era la química de los elementos radiactivos pues había trabajado durante los cinco años anteriores a la guerra en el Instituto de Radio, donde Marie Curie me contrató en 1933 (el año anterior a su fallecimiento) como su ayudante personal.

Después de ser depuesto de mis funciones como ayudante en la Facultad de Ciencias de París, al final de 1940 (como consecuencia de las leyes antisemitas promulgadas entonces por el Gobierno de Vichy, las cuales entre otras cosas, prohibían a los judíos toda actividad docente), conseguí salir de Francia con destino a los Estados Unidos en la primavera de 1941.

● Poco después de mi llegada a Nueva York, Enrico Fermi y Leo Szilard me llamaron y me propusieron que me uniese a su equipo de la Universidad de Columbia, donde me dedicaría a los problemas de la producción de uranio de elevada pureza.

Durante todo el verano de 1941 estuve esperando mi nombramiento en la Universidad de Columbia; Szilard me aseguraba que era inminente y que el retraso se

* El Sr. Goldschmidt ocupó el cargo de Director de Relaciones Internacionales del "Commissariat à l'Énergie Atomique" y fue Gobernador Representante de Francia en el OIEA y miembro del Comité Consultivo Científico del OIEA.

† *The Atomic Complex* — A Worldwide Political History of Nuclear Energy, por Bertrand Goldschmidt. Publicado por la American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois (Estados Unidos de América) (1982). Se trata de una revisión y actualización de la edición francesa original *Le Complexe Atomique* — Histoire politique de l'énergie nucléaire, publicada por Librairie Arthème Fayard, 75 rue des Saints-Pères, F-75006 París (Francia) (1980).

debía solamente a las formalidades necesarias por razones de seguridad. Pero cuando por fin llegó la decisión, en octubre, era negativa.

Fermi y Szilard me comunicaron la noticia. Ellos habían logrado, por su parte, obtener por fin una mayor ayuda gubernamental para sus trabajos, pero a condición de que no contrataran más extranjeros. Por lo tanto, se veían obligados a retirar el ofrecimiento que me habían formulado para que me uniese a ellos, ofrecimiento cuyo cumplimiento se hacía todavía más difícil dado que Washington, en aquella época, no reconocía las fuerzas francesas libres. Por ello, las autoridades francesas libres propusieron mis servicios a los investigadores científicos británicos, a fin de que pudiera unirme al grupo de Cambridge dirigido por Hans Halban y Lew Kowarski.

Mientras esperaba el resultado de tal propuesta, trabajé durante varios meses en el New York Cancer Hospital, donde se estaban efectuando los primeros ensayos de radioterapia interna mediante el empleo de radisótopos artificiales. De allí fui a Canadá como consultor de la planta de extracción de radio y uranio de Port Hope, Ontario.

Luego, a finales de junio de 1942 fui llamado a Washington por la Embajada británica, donde se me informó que, en vez de incorporarme, como yo esperaba, al equipo de Halban en Cambridge, se me enviaba, por cuenta de los británicos, a Chicago para que estudiase la química del nuevo elemento, el plutonio.

Desde la primavera de 1942 se había formado un grupo en la Universidad de Chicago, bajo la dirección del físico Compton, al que se designaba con el nombre cifrado de "Metallurgical Project". Se había pedido a Compton que incluyera en el grupo, entre otros, el equipo de Fermi y Szilard que trabajaba en Nueva York y el reunido por Glenn Seaborg, que había descubierto el plutonio. A este grupo se le asignó una doble tarea: por un lado, determinar si era posible conseguir una reacción en cadena con uranio natural y grafito y, por otro, tratar de establecer un método químico de extracción del plutonio en esa reacción.

Llegué en julio de 1942 a Chicago donde debía pasar casi cuatro meses fascinantes. Fui recibido por el mismo Compton, uno de los científicos más respetados de los Estados Unidos; Compton me explicó que, en mi calidad de representante del equipo británico, encontraría todas las puertas abiertas, pero, con todo, me pidió que limitara



Graderío occidental de Stagg Field, Universidad de Chicago. El equipo dirigido por Enrico Fermi construyó el primer reactor nuclear del mundo dentro de este edificio. A las 15,25 del 2 de diciembre de 1942 se retiró del reactor una barra de cadmio de control y se inició la primera reacción nuclear artificial en cadena automantenida. (Fotografía: Argonne National Laboratory)

voluntariamente mi trabajo a la esfera de mi propia competencia, es decir, la química. Luego, me confió, con gran sorpresa mía, que entre los numerosos secretos que me serían revelados, el comportamiento químico del plutonio no era menos importante que el descubrimiento mismo de ese elemento. En efecto, se creía entonces, con razón, que los alemanes no poseían un ciclotrón suficientemente poderoso para permitirles descubrir y aislar este nuevo elemento, cuyas propiedades químicas, según había comprobado Seaborg, eran diferentes de las previstas.

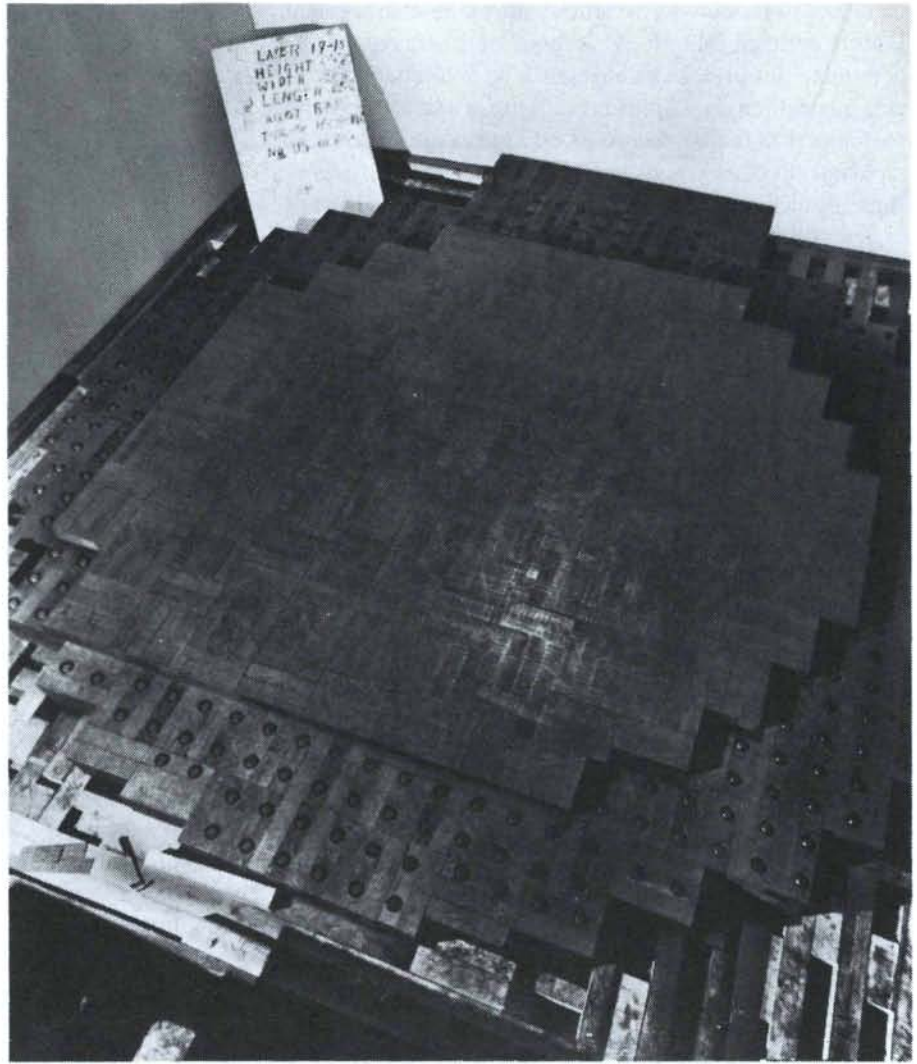
Fermi y Szilard me recibieron muy amablemente, divertidos al verme, por fin, penetrar, bajo la doble bandera de las fuerzas libres francesas y de la investigación científica británica, en el interior del santuario del proyecto americano.

Cuando llegué a Chicago había ya más de cien investigadores trabajando en diversos laboratorios de la Universidad. En ese grupo de jóvenes u entusiastas técnicos reinaba un excelente ambiente; sabían que su objetivo era una bomba que, en caso de éxito, tendría un poder destructivo incommensurablemente superior a todas las armas del pasado. Los escrúpulos morales habían

quedado adormecidos a causa del apasionamiento por las investigaciones y del temor obsesivo de que los alemanes estuvieran trabajando en la misma dirección y posiblemente incluso se encontraran más adelantados. El calendario previsto en aquella fecha, y que milagrosamente habría de ser respetado, preveía la fabricación de la bomba en un plazo de tres años.

Fermi trabajaba en la obtención de la reacción en cadena. En el mayor secreto, debajo de las gradas del estadio de fútbol de la Universidad, se estaba montando una estructura de grafito y uranio natural a la que llamaría "pila atómica" (el término "reactor" se utilizó más tarde), puesto que se trataba de un apilamiento de decenas de miles de bloques de grafito en algunos de los cuales se habían perforado cavidades y rellenado con uranio en forma de óxido o de metal.

Los químicos estaban autorizados de vez en cuando a penetrar en este recinto misterioso que resplandecía de polvo de grafito. Allí contemplaron una curiosa estructura cúbica, negra y brillante, de varios metros en cada dimensión, que se estaban construyendo por unos operarios cubiertos de polvo negro de la cabeza a los pies. La vista de esta gran masa era muy emocionante, pues



La décimo novena capa de grafito fotografiada durante la construcción de la pila de Fermi. En la capa décimo octava, solo parcialmente cubierta, pueden observarse las cargas de óxido de uranio. (Fotografía: Argonne National Laboratory)

sabíamos que el resultado de la guerra y por consiguiente, el destino del mundo podía quizá depender de ella.

Según los cálculos previos, cuando la estructura llegase a formar un cubo de 7 metros de lado se habría alcanzado la dimensión crítica y se iniciaría poco a poco la reacción en cadena: lentamente, ya que, por una parte, el grafito desaceleraría los neutrones y aumentaría el tiempo transcurrido entre dos generaciones sucesivas de fisiones y, por otra, las "barras de seguridad" de cadmio, sustancia que absorbe los neutrones, se habían preparado de forma que pudiesen introducirse a voluntad en la pila para impedir que la reacción se acelerase fuera de todo control.

Por consiguiente, el sistema de uranio natural y grafito (elementos esenciales de la pila de Chicago) tiene una masa crítica, como en el caso de la bomba. Pero existen dos diferencias fundamentales. La primera es que en el caso del uranio natural se necesitan toneladas del mismo para obtener la masa crítica, mientras que en los casos del uranio-235 o del plutonio solo se requieren unos kilogramos. La segunda diferencia es que debido a la desaceleración de los neutrones, la producción de las generaciones sucesivas es mucho menos rápida que en el caso de la bomba, lo que permite que la pila sea controlable.

La pila atómica de uranio natural es además una verdadera "máquina alquimista" pues, a medida que el uranio-235 se consume gradualmente en la fisión, se produce una cantidad aproximadamente equivalente de plutonio*.

Ahora bien, en tanto que la separación de los dos isótopos de uranio es sumamente difícil, la del plutonio y del uranio es relativamente fácil, aunque esta última separación se complica en la práctica debido a la intensa radiactividad de los productos de fisión presentes.

El objetivo del equipo de Seaborg, al que se me había afectado, era precisamente este complejo desarrollo del proceso químico de la extracción del plutonio. Todos nosotros trabajábamos en una sola sala muy amplia, utilizada anteriormente por los estudiantes de química para sus prácticas de laboratorio. Había una decena aproximadamente de pequeños grupos, compuestos cada uno de ellos de dos o tres científicos, dedicados al estudio de diversos métodos posibles de separación a partir de trazas de plutonio imponderables pero detectables

* Por cada gramo de uranio-235 consumido se crea un poco menos de un gramo de plutonio y unos 20 000 kilovatios/hora de energía.

mediante su radiactividad. Mi trabajo, en colaboración con Isadore Perlman, adjunto de Seaborg, consistía en determinar los principales elementos de fisión de larga vida que debían ser eliminados durante la extracción del plutonio. Era la edad de oro de esta nueva química, y rápidamente descubrimos nuevos radioelementos —isótopos de elementos poco corrientes— que habían de representar una parte importante de los residuos radiactivos resultantes de funcionamiento de las futuras centrales nucleares.

El 20 de agosto de 1942, durante una de las reuniones semanales de los investigadores del “Metallurgical Project” (reuniones en las que el número de participantes crecía a un ritmo digno de una reacción en cadena), Seaborg se puso en pie para anunciar que ese mismo día se había visto realmente por primera vez una sustancia transmutada por el hombre: una cantidad minúscula —unos pocos microgramos— de un compuesto de plutonio de color rosado. Edward Teller, otro brillante científico de origen húngaro, jefe del grupo de física teórica y futuro “padre de la bomba H”, preguntó de qué compuesto se trataba. Seaborg respondió que no le estaba permitido decirlo; tales eran entonces los estrictos compartimentos en que se encerraban nuestros respectivos conocimientos como precaución ante un posible escape de información.

Los datos químicos obtenidos a partir de un cuarto de miligramo permitieron realizar en septiembre un extraordinario logro técnico e industrial: en menos de tres años iban a extraerse kilogramos de plutonio en una planta alucinante controlada a distancia a través de espesos muros de cemento armado que protegían a los operadores contra una irradiación mortal.

Pocos meses después de haberse aislado esta primera fracción de miligramo de plutonio, se produjo en Chicago otro acontecimiento extraordinariamente importante. En efecto, el 2 de diciembre de 1942, fecha verdaderamente histórica en la era atómica, la pila de Fermi alcanzó su dimensión crítica y se inició la reacción en cadena en aquella curiosa estructura de uranio (seis toneladas de metal y 50 toneladas de óxido) y grafito (400 toneladas).

Las barras de cadmio se fueron retirando lentamente, lo que engendró un aumento creciente de la radiactividad y del flujo de los neutrones contenidos en la pila. En pocos minutos, tras una liberación de energía de menos de un vatio, hubo que desacelerar la reacción para evitar que la radiactividad alcanzase un nivel peligroso para los operadores.

Después de varios días de funcionamiento a potencias de una fracción de vatio, hubo que parar la pila de Fermi pues, de lo contrario, la radiación hubiera llegado a ser peligrosa incluso para las personas que pasaran por las cercanías y para los habitantes del otro lado del camino donde estaba el estadio de fútbol. Esta primera pila, construida mediante aproximaciones sucesivas con fines puramente experimentales, no estaba equipada con blindaje

protector. Apenas se podía pensar que fuera a funcionar y, en todo caso, nunca se había concebido como una construcción permanente o incluso semipermanente.

Casi unos cuatro años después de que Joliot-Curie y su equipo se adelantaran en una sola semana al equipo de Fermi en el descubrimiento de neutrones secundarios de fisión, el científico italiano lograba su brillante revancha. Pero es probable que, sin la invasión de Francia y de Noruega, Joliot-Curie y sus colaboradores habrían ganado también esta segunda carrera realizando la reacción en cadena con uranio y agua pesada.

Compton, que había asistido el 2 de diciembre a toda la operación llamada de “divergencia” de la primera pila atómica, telefoneó a Conant en Washington para comunicar el éxito. Le dijo simplemente: “interesará a usted saber que el navegante italiano acaba de tomar tierra en el Nuevo Mundo”. En el momento mismo en que por primera vez se detuvo el avance alemán en el desierto egipcio ante Alejandría y ante Stalingrado en las estepas heladas de Rusia, el éxito de un experimento abrió a la humanidad la puerta de un nuevo mundo lleno de esperanzas y amenazas, el mundo de la alquimia moderna.

Treinta años después, en los laboratorios del Commissariat à l'énergie atomique de Francia, el análisis a fondo efectuado por científicos franceses de mineral de uranio procedente del Gabón, en Africa, permitió probar sin lugar a dudas que ya se había producido mucho antes una reacción en cadena en la naturaleza.

En efecto, como el uranio-235 es un isótopo radiactivo más inestable que el uranio-238, a medida que uno se adentra en la prehistoria se observa que el uranio natural estaba entonces más “enriquecido” que hoy día. En la época en que se formaron los yacimientos minerales de la mina de Oklo en el Gabón, hace unos dos mil millones de años, el contenido en uranio-235 de la mezcla era de cinco a seis veces mayor que hoy día en estado natural; esta concentración es prácticamente la misma que la que actualmente se utiliza en los reactores nucleares refrigerados por agua ligera, que son los más corrientes hoy día en explotación.

En aquellos tiempos, nuestro planeta tenía unos dos tercios de su edad actual, los continentes africano y americano estaban unidos y los organismos vivientes más evolucionados presentes en la superficie de la tierra eran las algas azules monocelulares. Por ello, se produjo entonces (como sucedió en Oklo) una concentración apropiada de uranio en las condiciones físicas favorables para que se iniciara una reacción en cadena en los yacimientos sedimentarios cada vez se producía una incursión de las aguas. Se ha descubierto la existencia en esa región en el curso de la prehistoria de varias pilas naturales de esta clase, a una distancia de pocos kilómetros unas de otras. Han debido funcionar durante millares de años, con ciclos “controlados” por la evaporación del agua, debida al calor que generaban, produciéndose así una interrupción de la reacción nuclear hasta la siguiente penetración de agua.