

# LA PARTICIPACION FRANCESA EN EL DESCUBRIMIENTO DE LA REACCION EN CADENA

Por Bertrand Goldschmidt

REPRESENTANTE DE FRANCIA EN LA JUNTA DE GOBERNADORES DEL OIEA

La ciencia y la tecnología modernas se caracterizan, entre otras cosas, por la íntima relación existente entre las aportaciones de los equipos que trabajan sobre el mismo problema en diferentes países. Por tanto, es difícil y a veces presuntuoso tratar de poner de relieve, aislándola de su contexto internacional, la parte que corresponde a cada equipo en la obra común. No obstante, en las líneas que siguen intentaré exponer el papel desempeñado por la escuela francesa en el transcurso del proceso que culminó con la extraordinaria puesta en marcha de la pila de Fermi en Chicago, el 2 de diciembre de 1942; acontecimiento primordial en la resolución del problema atómico, de cuya evolución depende la suerte de nuestra civilización.

La aventura atómica comenzó propiamente con el descubrimiento de la radiactividad y del radio por Henri Becquerel y Pierre y Marie Curie en Francia, a fines del último siglo. A partir de ese momento la suerte estaba echada, las puertas de la alquimia abiertas y la clave del estudio de la estructura de la materia al alcance de la ciencia moderna. Ese estudio, constituido por una serie de etapas, inició el largo camino por el que hoy avanzamos, camino que fue brillantemente iluminado sobre todo por Ernest Rutherford y Niels Bohr. El último paso indispensable para el descubrimiento de la fisión fue dado en febrero de 1934 en el Instituto del Radio de París, algunos meses antes de la muerte de Marie Curie. Utilizando las reservas únicas en su género de materiales radiactivos que la señora Curie había acumulado durante más de 30 años, con la paciencia y la tenacidad que la caracterizaban, su yerno y su hija, Frédéric e Irène Joliot preparan la fuente de polonio más potente disponible hasta entonces y, exponiendo aluminio a las radiaciones de esta fuente, descubren que se producen átomos de un radioisótopo del fósforo desconocido en la naturaleza. Acababan de descubrir la radiactividad artificial que iba a permitir a la ciencia pasar de la fase de la alquimia natural a la de la alquimia sistemática.

En la disertación que pronunció al otorgársele el Premio Nobel en 1935, Joliot aludió ya a la etapa siguiente: "Si, volviéndonos hacia el pasado -dijeron- contemplamos los progresos realizados por la ciencia a un ritmo cada vez más rápido, es lícito pensar que los investigadores, descomponiendo o construyendo los átomos a voluntad, podrán realizar reac-



Bertrand Goldschmidt

ciones nucleares en cadenas explosivas. Si esas transmutaciones llegan a propagarse en la materia, es fácil imaginar la enorme energía utilizable que será liberada".

Poco antes del descubrimiento de Joliot, en 1934, Enrico Fermi iniciaba en Roma el estudio de las transmutaciones obtenidas por bombardeo neutrónico y demostraba que, en el caso del uranio, en vez de obtenerse un nuevo cuerpo radiactivo, se formaban unos veinte, cuya naturaleza y origen no se acertaba a explicar.

Fueron menester casi cinco años para resolver este enigma, que trataron de descifrar en Berlín, Otto Hahn y sus colaboradores, Lise Meitner y Fritz Strassmann. Al cabo de un año creyeron haber logrado resolver el misterio químico de la identificación de los nuevos radioelementos, atribuyéndoles identidades que iban desde los últimos casos conocidos de la tabla de Mendeleiev a las de diversos ele-

mentos desconocidos, de un número atómico más elevado que el del uranio.

El siguiente año, dudando de la exactitud de los resultados de Hahn, Irène Curie, asistida por el físico yugoeslavo Paul Savitch, concentró sus esfuerzos en la identificación de uno solo de estos radioelementos, pensando que era imposible estudiar todo el complejo químico a la vez. El problema era difícil de resolver, y, por dos veces, Irène Curie propuso una solución cuya inexactitud revelaron los experimentos; sin embargo, no se desalentó, y con una obstinación y una paciencia dignas de su madre, logró por fin, en 1938, demostrar que las propiedades químicas del radioelemento estudiado se asemejaban mucho a las de un elemento común, el lantano, situado en el centro de la clasificación periódica. Esa hipótesis estaba en total contradicción con la propuesta anteriormente por la escuela de Berlín.

Aunque estaban convencidos de que los resultados obtenidos por Irène Curie eran inexactos, este último trabajo indujo a Hahn y Strassmann a comprobar de nuevo sus anteriores conclusiones; de este modo iban a dar con la verdadera pista. Utilizando el mismo proceso de cristalización fraccionada que, cuarenta años antes, había permitido a los Curie aislar el radio, Hahn demostró que los radioelementos formados por acción de los neutrones sobre el uranio se comportan desde el punto de vista químico exactamente igual que los elementos pertenecientes a la región media de la clasificación periódica. Un mes después de publicarse el trabajo de Hahn, a fines del año 1938, Otto Frisch proporcionaba en Copenhague, en enero de 1939, la prueba física de la escisión del núcleo del uranio e independientemente, unos quince días más tarde, Frédéric Joliot hizo lo mismo en París; a ellos siguieron otros científicos de los Estados Unidos y de Inglaterra.

Un mes más tarde, Joliot y sus dos colaboradores, Hans Halban y Lew Kowarski, descubrieron experimentalmente por vez primera, en el Colegio de Francia, el hecho primordial de que la fisión del núcleo del uranio va acompañada de una emisión de neutrones secundarios.

De la noche a la mañana, la física atómica dejaba de ser exclusivamente una materia de investigación fundamental, feudo del investigador aislado. Iba a nacer una nueva minoría que desempeñaría un papel creciente en la vida de las grandes naciones: la de los científicos nucleares conscientes de sus responsabilidades morales y políticas.

Acababa de abrirse una nueva era, en la que, en algunos frentes de la investigación científica, el avance iba a exigir la movilización de todas las fuerzas de un país, a veces incluso de varias naciones: la energía atómica iba a ser el primer ejemplo.

Ya en la primavera de 1939, los científicos de los países más adelantados dirigen advertencias a

sus Gobiernos y no escatiman esfuerzos para convencerles de la importancia del problema del uranio en el plano civil y militar, y para obtener la ayuda necesaria a fin de proseguir los estudios en una escala más vasta.

El más obsesionado por la potencia que puede alcanzar el arma proyectada es en esa fecha el físico húngaro Leo Szilard. Ya en febrero de 1939 se pone en contacto, desde Nueva York, con los científicos de los países que iban a ser aliados durante la guerra, cuyo desencadenamiento da por seguro. Les propone suspender, de común acuerdo, toda publicación sobre la fisión nuclear. Recuerdo la sorpresa que provocó, a su llegada al laboratorio Joliot del Colegio de Francia, un telegrama de más de ciento cuarenta palabras, el más largo que hemos visto nunca, enviado por un colega de Szilard, y la discusión que siguió sobre si sería o no posible lograr un acuerdo general voluntario para guardar en secreto los resultados de las investigaciones actuales y futuras. Ello parecía impracticable en física nuclear, dominio hasta entonces de la ciencia pura por excelencia. El libre intercambio de los conocimientos había sido hasta entonces completo, e incluso a veces daba la impresión de una carrera en la que el hecho de enviar unos días más pronto o más tarde una comunicación a una revista científica podía representar para su autor la diferencia entre la gloria del descubrimiento o la satisfacción menor de la confirmación de éste. Así ocurrió con el descubrimiento de los neutrones secundarios, anunciado el 3 de marzo de 1939 en París por el equipo de Joliot, y una semana más tarde por Szilard y Fermi en Nueva York.

La propuesta cuya iniciativa había tomado Szilard no fue comprendida y aceptada por completo, pero pocos meses más tarde, inmediatamente antes de comenzar la guerra, cada país empezó de modo independiente a mantener en secreto los resultados de sus investigaciones sobre el uranio.

Los trabajos franceses prosiguen durante el verano de 1939, y Francis Perrin, que fue el primero en exponer el principio de la masa crítica para la reacción en cadena, se une al equipo de Joliot; éste determina experimentalmente el número de neutrones secundarios emitidos en la fisión y lo estima en un valor comprendido entre 3 y 4, que más tarde se vio era excesivo. Estos resultados condujeron rápidamente a la conclusión de que una reacción encadenada en el uranio natural exige mezclarlo con una sustancia compuesta de elementos ligeros que moderen los neutrones sin absorberlos demasiado. Este principio constituyó la base de las primeras solicitudes de patente presentadas en Francia a comienzos de mayo de 1939. Una de esas patentes se refiere a la utilización explosiva del uranio y las demás a las máquinas generadoras de energía a base de uranio, que más tarde se denominarían pilas o reactores atómicos. Esas patentes, las primeras en su géne-

ro presentadas en el mundo, fueron reconocidas por gran número de países. Pertenecen a la nación francesa y constituyen una primera anticipación de las armas futuras y de las máquinas que funcionan actualmente.

En el otoño de 1939 se declara la guerra, hecho que estimula el desarrollo de los trabajos. En Francia no cabe pensar en esa época en fabricar una bomba, cosa considerada demasiado difícil, sino en construir generadores de energía: los técnicos no se percatan exactamente de la dificultad de los problemas y estiman que tal vez podría construirse en unos años un motor de submarino que representaría para la propulsión bajo las aguas la enorme ventaja de no requerir oxígeno.

Se aborda la solución del problema de los moderadores comenzando por el hidrógeno, pero el estudio de la mezcla "agua ordinaria-uranio" indica rápidamente que el hidrógeno absorbe los neutrones con excesiva facilidad para adaptarse a esa función. Por último, el equipo de Joliot llega a la conclusión de que el mejor moderador es el óxido de deuterio, o sea el agua pesada descubierta en 1932 por el físico americano Harold Urey. Poco antes de la guerra, el agua pesada costaba medio dólar por gramo y no se utilizaba sino en investigaciones científicas; sin embargo, una sociedad industrial franco-noruega de amoniaco sintético había iniciado su fabricación, a falta de un mercado previsible, en cantidades del orden de los kilogramos, aprovechando el reducido costo de la electricidad en Noruega y un sistema de electrolisis fraccionada combinado con la producción principal de amoniaco.

El ministro de Armamento francés fue puesto al corriente de esas investigaciones y, gracias a su apoyo, una misión secreta partió para Oslo en marzo de 1940, unas semanas antes de la invasión de Noruega, con el fin de traer 165 litros de agua pesada, reserva única en el mundo de esta preciosa sustancia.

El Gobierno comprende la importancia del problema y concede a Joliot medios excepcionales: créditos ilimitados, posibilidad de desmovilizar a toda persona cuya colaboración le fuese necesaria. Al mismo tiempo, el Gobierno empieza a cooperar con los investigadores británicos, enviando a Londres durante algunas horas, en abril de 1940, a un representante para comunicar los primeros resultados franceses. Paralelamente, se conciertan contratos con la empresa productora noruega para garantizar a Francia la totalidad del agua pesada que se produzca en los años sucesivos; otro contrato, que comenzó a negociarse con la industria belga, nos hubiera reservado la producción de uranio del Congo Belga, la más rica fuente de uranio del mundo en esa fecha. Además, se facilitaron a Joliot seis toneladas de óxido de uranio belga.

Así, tanto en la esfera técnica como en la del aprovisionamiento de materias primas, las actividades francesas comienzan a desarrollarse bajo los mejores auspicios. Desgraciadamente se vieron interrumpidas por la invasión del país.

El laboratorio de Joliot y el agua pesada fueron retirados primero a Clermont-Ferrand y, finalmente, el 16 de junio de 1940, se adoptó en Bordeaux una decisión grave: Halban y Kowarski partirían para Inglaterra con el precioso producto y se pondrían a disposición de las autoridades británicas para proseguir allí las experiencias iniciadas en Francia; Joliot, que no se hace cargo por completo del papel decisivo que hubiera podido desempeñar en el desarrollo de los trabajos emprendidos en el Reino Unido y en los Estados Unidos, renuncia a seguirles y decide permanecer al frente de su laboratorio en el país ocupado.

Los ingleses habían advertido también la importancia del problema del uranio, pero el Comité MAUD, creado en abril de 1940 para estudiarlo, había dedicado hasta entonces más atención a las aplicaciones militares que al desarrollo de aparatos generadores de energía. Halban y Kowarski, con su agua pesada y sus proyectos, fueron acogidos con vivo interés; se puso a su disposición un laboratorio en Cambridge. Allí realizaron, en 1940, el experimento que habían proyectado con Joliot. El estudio neutrónico de una suspensión de óxido de uranio en una esfera de aluminio llena de agua pesada les permitió ser los primeros, si no en lograr experimentalmente un reactor en cadena divergente, por lo menos en demostrar con certidumbre casi absoluta que éste era posible en un sistema de uranio natural y de agua pesada, pero que la masa crítica de un sistema semejante exigiría toneladas de cada uno de los componentes. Los 165 litros de agua pesada de que se disponía quedaban muy por debajo de la cantidad necesaria.

Este experimento tiene una importancia considerable, y sus resultados fueron utilizados repetidamente por los científicos americanos en sus esfuerzos, al otro lado del Atlántico, por convencer a su propio Gobierno para que acometiera la empresa en gran escala.

Ya en octubre de 1939 habían puesto sobre aviso al Presidente Roosevelt una carta de Einstein y un informe de Szilard; este último menciona los trabajos franceses como probablemente los más adelantados de la época.

Cuando, en la primavera de 1941, se conocieron en los Estados Unidos los resultados del experimento de Halban y Kowarski, se planteó el problema de si no convenía seguir el procedimiento del agua pesada, más bien que el del grafito, estudiado por Fermi y Szilard, para tratar de obtener una reacción en cadena divergente.

La imposibilidad de fabricar antes de unos tres años agua pesada en escala industrial de decenas de toneladas, permitió a los partidarios de la solución a base de grafito obtener la prioridad sobre los partidarios del agua pesada, cuyo principal representante en América era el propio Urey, el cual, como Halban, temía que el grafito absorbiese demasiado los neutrones para permitir la divergencia de la reacción en cadena con uranio natural. Durante todo el período comprendido entre 1941 y mediados de 1942, en que los resultados de los experimentos exponenciales con grafito-uranio realizados por Fermi en la Universidad de Columbia no permitían todavía afirmar que el sistema podría ser divergente, el agua pesada siguió considerada como una solución de urgencia para el equipo dedicado a la producción eventual de plutonio.

Adscrito al Grupo Atómico inglés por las Fuerzas Francesas Libres, tuve la suerte de ser enviado por dicho Grupo al Metallurgical Project, de Chicago, en julio de 1942. Ya laboraban allí más de 100 trabajadores científicos, dispersos por los laboratorios de la Universidad, y en este grupo de jóvenes técnicos entusiastas reinaba una atmósfera excelente.

El programa previsto en aquella época, que debía ser milagrosamente respetado, preveía la fabricación de los primeros kilogramos de sustancias fisionables puras en un plazo de tres años. Los ingenieros sabían que se trataba de explosivos cuyo poder destructivo no encontraría parangón en el pasado, pero sus escrúpulos morales se veían acallados en aquella época tanto por el temor, que más tarde resultó injustificado, de que los alemanes se hallasen sobre la misma pista y tal vez más adelantados, como por el interés apasionante de las investigaciones.

Ibamos con frecuencia al gran cobertizo acondicionado bajo los graderíos del campo de fútbol de la Universidad, en el que, con el mayor sigilo, se iba levantando el ingenio a base de grafito y de uranio al que Fermi iba a dar el nombre de pila atómica.

En un recinto misterioso, todo brillante de polvo de grafito, unos hombres, negros de pies a cabeza, construían con el mayor secreto una estructura negra y brillante de varios metros de lado, compuesta de barras de grafito, algunas de las cuales estaban huecas y contenían una masa de uranio metálico o de óxido de uranio comprimido. La vista de esa construcción extraña era emocionante, pues sabíamos que de ella dependía tal vez el resultado de la guerra, y por consiguiente el destino del mundo.

Mientras tanto, el equipo de Seaborg (al cual me habían asignado, y que comprendía unos 30 químicos, el mayor de los cuales, que actuaba de jefe, tenía 30 años) lograba aislar un quinto de miligramo de plutonio, la primera cantidad visible a simple vista, a partir de algunos centenares de kilos de sales de ura-

nio, bombardeadas por el ciclotrón más potente del mundo en aquella época, el de California. Cuando el 18 de agosto de 1942, durante la reunión de los investigadores del proyecto (reunión semanal que, entre una sesión y otra, veía aumentar el número de los trabajadores a un ritmo digno de la reacción en cadena), Seaborg se levantó para anunciar que había visto por vez primera -sustancia transmutada por el hombre- una cantidad ínfima de una sal de plutonio, de color rosado, Edward Teller, jefe del grupo de física teórica, preguntó de qué sal se trataba; Seaborg respondió que no podía decirlo, tan estricta era la división de los conocimientos, destinada a evitar la divulgación de secretos.

Durante ese verano de 1942, los partidarios americanos de la solución de la pila de agua pesada habían proseguido sus esfuerzos y habían obtenido decisiones relativas a la producción industrial de este moderador en el Canadá, y después en los Estados Unidos. La solución que se pensó en un momento dado, de instalar en Chicago, en el marco del Metallurgical Project, un equipo inglés bajo la dirección de Halban, fue abandonada por los ingleses y sustituida por la decisión de crear en el Canadá un proyecto importante que gozaría de las ventajas de la proximidad de los trabajos americanos, así como de las instalaciones existentes en América del Norte y que el Reino Unido, totalmente movilizado por el esfuerzo de guerra, era incapaz de llevar a cabo.

Así nació el proyecto anglocanadiense, iniciado en noviembre de 1942 en Montreal, y que dos años más tarde condujo a la creación en Chalk River del gran centro nuclear canadiense especializado únicamente en los reactores y centrales de agua pesada. El proyecto fue dirigido hasta mediados de 1944 por el propio Halban, quien fue sustituido por Sir John Cockcroft. En el equipo figuraban otros cuatro franceses: Pierre Auger, que dirigía la parte física; Lew Kowarski, jefe del grupo encargado de construir el primer reactor de agua pesada canadiense, el ZEEP, puesto en marcha en septiembre de 1945, el primer reactor que funcionó en el mundo fuera del territorio de los Estados Unidos (el primer reactor de agua pesada, el CP 3, funcionaba en Chicago desde mayo de 1944), y dos químicos, Jules Guéron y yo; yo me encargué de preparar en el Canadá algunos de los primeros métodos de extracción de plutonio por medio de disolventes orgánicos. Los cuatro regresamos a Francia en 1946 para participar en la creación del Commissariat à l'Énergie Atomique, cuya primera realización fue la puesta en marcha, en diciembre de 1948, de un reactor de agua pesada de potencia nula.

Así pues, los trabajos franceses, si bien no han contribuido directamente al brillante éxito del 2 de

diciembre de 1942, han desempeñado un papel importante, apoyando por una parte el esfuerzo británico, que constituyó, a su vez, uno de los factores que influyeron en la decisión americana de acometer

el problema del uranio en escala industrial, y por otra en la creación misma del esfuerzo atómico canadiense y en el desarrollo de los reactores de agua pesada.