

LA EPOCA INICIAL DE LOS PROYECTOS CANADIENSES Y BRITANICOS DE ENERGIA ATOMICA

Por Sir John Cockcroft

El interés de los hombres de ciencia del Canadá y Gran Bretaña por la energía atómica data de la estancia de Rutherford en la Universidad McGill de Montreal, época en que empezó a reflexionar acerca de la enorme cantidad de "energía atómica" contenida en el núcleo del átomo. Durante todo el tiempo que permaneció en el Laboratorio Cavendish, Rutherford se mostró escéptico en cuanto a la posibilidad de liberar esta energía y fue trágico que falleciera poco antes de descubrir Hahn la fisión nuclear, clave de la liberación de la energía atómica.

Los trabajos metódicos para liberar la energía atómica por fisión nuclear empezaron en Gran Bretaña a fines de 1939 en el laboratorio de Chadwick, (Liverpool); a ellos contribuyeron los cálculos efectuados por Frisch y Peierls en Birmingham. Esta labor permitiría más tarde construir la bomba atómica. En Gran Bretaña se empezó a trabajar en otra dirección tras la llegada, en junio de 1940, de Halban y Kowarski procedentes del laboratorio de Joliot y portadores de 180 litros de agua pesada obtenida en Noruega; tuve la posibilidad de conseguirles alojamiento e instrumental un tanto primitivos en el Laboratorio de Cavendish. Se unieron a ellos algunos de los físicos que no se habían dedicado a las investigaciones sobre el radar, y todos concentraron sus esfuerzos en determinar la posibilidad de conseguir una reacción en cadena en un reactor de agua pesada. Los experimentos realizados por Halban y Kowarski en Cambridge en 1940 pusieron de manifiesto que en una mezcla de óxido de uranio y de agua pesada podía producirse una reacción en cadena divergente mantenida por neutrones lentos.

En el Laboratorio de Alta Tensión del Instituto Cavendish, Bretscher y Feather se ocuparon de la obtención de elementos transuránicos. En los Estados Unidos, McMillan y Abelson habían demostrado la existencia de un nuevo elemento, el 94, formado a partir del uranio-238. Bretscher y Feather predijeron a fines de 1940 que este nuevo elemento poseería una capacidad de fisión, tanto por neutrones térmicos como por neutrones rápidos, incluso superior a la del uranio uranio-235 y que podría constituir un explosivo muy potente. Los aparatos existentes en Cambridge no tenían la potencia suficiente para aislar el elemento 94 y pedí por telegrama a Ralph Fowler, nuestro representante científico, que instara a Ernest Lawrence a organizar el estudio de las propiedades de fisión del elemento 94. Pero esta labor había sido



Sir John Cockcroft

comenzada ya por Seaborg y en mayo de 1941 éste había conseguido probar experimentalmente que el plutonio-239 era fisionable por neutrones lentos.

La labor de ambos grupos era coordinada por la denominada Comisión MAUD, y en julio de 1941 ésta comunicó que era posible fabricar la bomba atómica y la llamada "caldera". En el informe sobre la "caldera" se declaraba que, según indicaban los experimentos de Halban y Kowarski, existía la posibilidad de producir una reacción nuclear mediante uranio y agua pesada, que esa "caldera" podría ser utilizada como fuente de fuerza motriz y que prometía tener considerables posibilidades de aplicación en época de paz. No se creyó que presentara gran utilidad bélica, si bien los trabajos de Bretscher y Feather relativos a sustancias producidas en una "caldera" podían ser importantes para fabricar la bomba. En esa época, a mediados de 1941, sin haber recibido noticia de la prueba experimental de las propiedades de fisión del

plutonio, los físicos de la Comisión MAUD consideraron que sólo la bomba de uranio-235 tendría probablemente verdadera trascendencia en tiempo de guerra; la "caldera" revestía, a su modo de ver, una importancia mucho menor. Por consiguiente, se consideró que, en vista de la carga abrumadora que suponía el esfuerzo bélico británico, el proyecto relativo a la "caldera" debía proseguir en los Estados Unidos o en el Canadá. Tras haber presentado su informe, la Comisión MAUD fue disuelta de manera un tanto brusca al emprenderse el proyecto "Tube Alloys" y la mayoría de los físicos nucleares británicos que habían estado relacionados con la labor de la Comisión perdieron el contacto con esos trabajos durante más de dos años; sin embargo, por conducto extraoficial, me enteré a principios de 1943 de que el reactor de grafito de Fermi había comenzado a funcionar con éxito.

Durante este período, los intercambios con los Estados Unidos quedaron interrumpidos con motivo de la institución del proyecto Manhattan en septiembre de 1942 y no se reanudaron hasta fines de 1943, a raíz del Acuerdo de Quebec. En enero de 1943, se había trasladado a Montreal el grupo francobritánico; allí se les unieron George Laurence y otros científicos canadienses, así como Auger, Paneth, Placzek, Seligman, Newell (un ingeniero de la I.C.I.) y otros en la universidad medio vacía de Montreal. Durante el primer año, no pudo disponerse de uranio ni de agua pesada producida en el Canadá, dado que uno y otra dependían entonces del proyecto Manhattan; por ello, fueron escasos los resultados conseguidos. Después del Acuerdo de Quebec, concertado en agosto de 1943, fue de nuevo posible colaborar con los Estados Unidos y cuando, hallándome en misión en noviembre de 1943, me entrevisté con Chadwick y Oliphant, éstos sugirieron que me trasladase a Montreal. El 13 de abril de 1944 el "Combined Policy Committee", creado en virtud del Acuerdo de Quebec, autorizó la construcción conjunta de un reactor de agua pesada, de 5 MW, en el Canadá. El 19 de abril, Sir John Anderson, ministro encargado del proyecto "Tube Alloys" y titular de la cartera de Hacienda, me pidió que me trasladara inmediatamente a Montreal para asumir la dirección del proyecto conjunto, y el 26 de abril me recibí en el aeropuerto de Montreal, en pleno aguacero, G. Placzek, el eminente físico teórico. El 6 de mayo, el general Groves, el Dr. C.J. Mackenzie y yo, inspeccionábamos llenos de esperanza un lugar delicioso destinado al reactor, situado en Nobel (Georgian Bay) y ocupado por una fábrica de dinamita, pero por desgracia un cambio en la situación bélica impidió que quedase libre y tuvimos que reanudar nuestra búsqueda.

El 4 de mayo efectué una visita al Laboratorio Metalúrgico de Chicago, dirigido por Arthur Compton, y examinamos y fijamos de común acuerdo las relaciones futuras entre los centros de Chicago y Montreal. Organizamos el intercambio de informaciones sobre física de reactores y los problemas inherentes a la

construcción de un reactor de agua pesada. Se nos proporcionaría uranio metálico y agua pesada. No se nos facilitarían informaciones sobre el proceso de separación química del plutonio, pero se convino en facilitarnos "elementos" de uranio irradiado procedentes de Oak Ridge para que pudiéramos elaborar nuestro propio proceso de separación química. También se me autorizó a visitar Oak Ridge el 17 de mayo para ver el reactor con moderador de grafito, de 2 MW, instalado en el Laboratorio Clinton; esta visita fue muy provechosa para el futuro programa. En mi viaje de regreso de Oak Ridge me entrevisté con el general Groves, quien aceptó suministrarnos 5 toneladas más de agua pesada para construir un reactor de agua pesada de potencia nula con el fin de estudiar los reticulados de agua pesada. Kowarski se hizo cargo de este proyecto y, con la asistencia técnica del Consejo Nacional de Investigaciones, en 15 meses pusimos en servicio el reactor, ZEEP, que desde entonces ha funcionado sin interrupción salvo durante el trienio 1947 a 1950, debido a la falta de agua pesada para los dos reactores NRX y ZEEP.

En un segundo viaje a Chicago en junio, discutimos datos relativos a la física de los reactores y los métodos para calcular los reticulados de grafito. Después de este viaje, muchos de nosotros aprendimos en detalle la física de los reactores gracias a las lecciones que Volkoff daba a las nueve en Montreal. También visité a Fermi y a Zinn y vi el reactor de grafito Mark II de Fermi. Durante la misma visita, conversé con Arthur Compton sobre los criterios que habían de seguirse en la elección del emplazamiento de los reactores y llegamos a la conclusión de que, teniendo en cuenta los posibles accidentes, nuestro reactor debía distar 180 kilómetros como mínimo de toda gran ciudad. Así, pues, buscamos un lugar que respondiese a este criterio y que tuviera agua abundante para la refrigeración. A mediados de julio habíamos hallado un buen emplazamiento en Chalk River, junto con un encantador lugar residencial en Deep River y una semana más tarde pudimos trazar el plano de la localidad; un urbanizador de la Universidad McGill planeó el poblado con excelentes resultados. Empezamos luego a diseñar el reactor NRX y decidimos proyectarlo para una potencia de 10 MW, según criterios prudenciales. Estos criterios resultaron tan moderados que más tarde el reactor alcanzó una potencia de 40 MW. El anteproyecto fue elaborado por nuestro pequeño grupo de tres ingenieros de la ICI junto con los especialistas en física de reactores, y el proyecto detallado y la construcción corrieron a cargo de Defence Industries Limited. El reactor NRX entró en funcionamiento tres años más tarde y constituye desde entonces uno de los reactores de investigación que mejores resultados han dado en todo el mundo. En particular, ha permitido adquirir considerable experiencia sobre los daños provocados por las radiaciones en el uranio metálico. Al principio, las barras de uranio laminado, de 10 pies de longitud,

solfan ensancharse y acortarse varias pulgadas. Los lotes posteriores se alargaban varias pulgadas. Gracias a la experiencia y a los conocimientos adquiridos los problemas de crecimiento del uranio fueron superados y se consiguieron grados de combustión de 3000 MWd/t con temperaturas superficiales de unos 70°C. Esta experiencia constituyó el origen de tanto impreciso de los grados de combustión previstos para los reactores de potencia británicos.

Durante el año siguiente, Goldschmidt, y más tarde Spence, investigaron la extracción química del plutonio a partir del uranio irradiado. Goldschmidt seleccionó el dicloruro de triglicol como disolvente y este producto se utilizó en la instalación experimental de Chalk River. Spence realizó estudios más amplios y elaboró el diagrama de circulación utilizando el dibutil-carbitol, que fue adoptado más adelante para la instalación de separación química de Windscale. Los trabajos en materia de protección radiológica comenzaron a raíz de la llegada de Joseph Mitchell y W. V. Mayneord procedentes de Gran Bretaña. Una fuente neutrónica de polonio-berilio de 1 000 curies, facilitada por los Estados Unidos, permitió estudiar los efectos biológicos de los neutrones, y gracias a los expertos antes mencionados, pude formarme una idea cuantitativa de los riesgos inherentes a las radiaciones.

En mayo de 1945, nuestras conversaciones giraban en torno a reactores reproductores, convertidores y de potencia, aunque la labor realizada fue escasa. Constituímos también un "Grupo del grafito" encargado de estudiar el diseño de un reactor de investigación con moderador de grafito que, a nuestro juicio, contendría construir un día en Gran Bretaña.

En octubre de 1945 me trasladé a Gran Bretaña a bordo de un hidroavión; allí me entrevisté con Sir John Anderson y hablamos sobre la fundación de un instituto de investigaciones sobre energía atómica en el Reino Unido, y busqué con Oliphant un aeropuerto que reuniera las condiciones apropiadas para que "despegáramos" airoosamente. Pensábamos que no debía distar demasiado de una de las principales universidades para que pudiéramos utilizar sus bibliotecas, escuelas, hospitales y demás servicios de importancia para el personal científico. Mi interés por Duxford, cerca de Cambridge, tropezó con la oposición de mis colegas y en definitiva escogimos Harwell, que nos fue cedido el 1º de enero de 1946 por las Reales Fuerzas Aéreas. También concerté con Sir Alan Barlow, alto funcionario del Ministerio de Hacienda, un estatuto que dio al Centro un grado excepcional de libertad durante sus primeros años.

El 1º de enero de 1946 efectué mi primera visita al aeropuerto, deshabitado y azotado por el viento, en compañía de los doctores Skinner y Marley y del coronel Fisher, encargado de los planes de construcción. El aeropuerto de Harwell tenía cuatro hangares, que se utilizaron para albergar reactores y ace-

leradores, y los talleres y demás edificios se transformaron rápidamente en laboratorios y viviendas. Importamos también 200 casas prefabricadas para atender a las necesidades urgentes de alojamiento. El proyecto de las modificaciones y de los nuevos edificios comenzó en el Canadá y pronto prosiguió en el Reino Unido. Decidimos construir dos reactores de investigación moderados con grafito. El primero -denominado GLEEP- fue diseñado en gran parte por un grupo de Nueva Zelandia bajo la dirección de Watson and Munro y fue terminado en unos quince meses. Producía 100 kW térmicos y fue nuestra primera fuente de radioisótopos. Desde entonces se ha utilizado continuamente para efectuar mediciones de materiales nucleares por el método de oscilación y para realizar algunos trabajos de biología relacionados con los efectos de los neutrones lentos. Nuestro segundo reactor -el BEPO- fue diseñado por nuestro Grupo industrial de Risley para producir 6 MW térmicos. Entró en funcionamiento en julio de 1948, mientras se celebraba una reunión de nuestro Comité Técnico; los miembros del Comité introdujeron las últimas barras de uranio para que alcanzara la criticidad. Bajo la dirección y estímulo de Henry Seligman se convirtió en una fuente importante mundial de radioisótopos. En la actualidad, el Centro de Radioquímica de Amersham utiliza y trata isótopos producidos por BEPO y DIDO y se envían 40 000 remesas por año a usuarios de todo el mundo.

Muchos de los trabajos realizados inicialmente en Harwell tenían por objeto ayudar al Grupo de Risley a diseñar los dos reactores plutonígenos, moderados con grafito y refrigerados por aire, situados en Windscale, así como sus instalaciones asociadas de separación química y las destinadas a la elaboración de elementos combustibles. En 1949 pudimos destinar algunos recursos al estudio de las centrales nucleoelectricas y examinamos las múltiples combinaciones posibles de moderadores, refrigerantes y elementos combustibles. Se descartaron varios proyectos iniciales.

Ahora bien, en septiembre de 1950, una conferencia sobre la energía celebrada en Harwell, a la que asistieron muchos industriales influyentes, recomendó el empleo de un reactor moderado con grafito, refrigerado por CO₂ y alimentado por uranio natural como fuente de energía térmica para una central nucleoelectrica. Adoptamos esta decisión porque Inglaterra disponía del grafito apropiado, teníamos poco uranio enriquecido y habíamos adquirido experiencia sobre la tecnología de este tipo de reactor. Asimismo, nuestros ingenieros indicaron que la electricidad que se produciría según ese sistema costaría menos de un penique por unidad.

La decisión tomada en esta reunión fue seguida de tres años de estudio e investigaciones tecnológicas referentes al proyecto "Pippa". Tuvimos que investigar los problemas relativos a los elementos combustibles,

al grafito y a la física de reactores, para lo que fue necesario un esfuerzo combinado de químicos, ingenieros, metalúrgicos y físicos. En 1953, Goodlet y Moore presentaron su memoria sobre el proyecto "Pippa", destinado a producir 50 MW de electricidad con un solo reactor a un costo de un penique por unidad, como máximo.

En abril de 1953, el Gobierno decidió construir Calder Hall como instalación combinada para la producción de plutonio y de energía nucleoelectrica; nuestro Grupo industrial, dirigido por Sir Christopher Hinton, se encargó del diseño y la construcción. La central eléctrica quedó terminada en tres años y medio y dentro del costo previsto de 16 500 000 libras esterlinas, éxito notable para una empresa precursora.

Desde entonces se han construido tres unidades idénticas más, que producirán alrededor de dos billones y medio de unidades de energía eléctrica durante el año en curso. Su funcionamiento ha demostrado ser notablemente seguro y consiguen un factor de carga del 95 por ciento entre las operaciones de reaprovisionamiento de combustible.

Su eficaz funcionamiento ha servido de base para que las empresas públicas de electricidad construyan 8 centrales nucleoelectricas comerciales cuya producción oscila entre 275 MW y 580 MW; al mismo tiempo, han comenzado las negociaciones para la construcción de una central de 1 000 MW en Wylfa Head. Así, comprendida la central de Wylfa, la capacidad nucleoelectrica total instalada será de unos 5 000 MW hacia 1968.