

# ENRICO FERMI Y LA FISIÓN DEL URANIO

Por Otto Hahn

Me parece extraño que el Organismo Internacional de Energía Atómica me haya pedido que escriba un artículo para conmemorar el 2 de diciembre de 1942. En realidad, no tengo vinculación directa con esa fecha trascendental. El comienzo de las hostilidades en septiembre de 1939 puso término a las relaciones científicas de Alemania con el extranjero, en primer lugar con Inglaterra y poco más tarde con América, por lo menos en la esfera de la investigación nuclear.

Las revistas de los países occidentales dejaron de publicar noticias relacionadas con la fisión del uranio, descubrimiento que se dio a conocer en enero de 1939. Al comprobarse poco tiempo después que la fisión del uranio iba acompañada de la "evaporación" de algunos neutrones, supo el mundo científico que era posible provocar una "reacción en cadena" para aprovechar la energía de los núcleos atómicos. En tiempo de guerra, la explotación de todo recurso para debilitar o aniquilar al adversario tiene prioridad sobre las aplicaciones de utilidad pública. También aquí se dio este caso, pues se estudió la posibilidad de una bomba atómica [ 1 ].

Recuerdo varias conversaciones con mi amigo Fritz Strassmann, en que manifestábamos nuestra preocupación acerca de la eventual fabricación de una bomba. Nos tranquilizábamos algo al considerar que acaso transcurrirían veinte años o más hasta que la humanidad estuviera en posesión de arma semejante y que no cabía pensar siquiera que pudiera utilizarse en la guerra actual.

Ignorábamos por completo el éxito de Enrico Fermi y de sus numerosos colaboradores y nos conformábamos con proseguir y publicar nuestros estudios puramente científicos encaminados a explicar los diversos fenómenos asociados a la fisión del uranio.

Por eso no me asiste en propiedad derecho ni razón para conmemorar el día en que el reactor de Fermi "alcanzó la criticidad", es decir, en que se demostró la posibilidad de provocar una reacción en cadena para aprovechar las energías latentes en los núcleos atómicos.

Y a pesar de todo, existe una razón poderosa para evocar el nombre de Enrico Fermi, pues gracias a él me decidí en 1934, junto con mi amiga y colega de tantos años Lise Meitner, a verificar los datos experimentales, ya que los trabajos de Fermi habían dado lugar a interpretaciones contradictorias. Para provocar transformaciones atómicas artificiales, Fermi había tenido la brillante idea de utilizar partículas



Otto Hahn

desprovistas de carga, esto es, neutrones en vez de protones o partículas alfa con carga positiva, como se había hecho hasta entonces. De este modo, Fermi y sus colaboradores irradiaron con neutrones casi todos los elementos del sistema periódico hasta el uranio inclusive, logrando transformaciones nucleares artificiales en las que el núcleo, al captar un neutrón, se transformaba en el elemento inmediatamente superior emitiendo rayos beta.

Dado que al irradiar el uranio comprobó Fermi la presencia de especies atómicas artificiales, dedujo la formación de uno o de varios elementos llamados transuránicos, situados más allá del uranio en la clasificación periódica. Esta deducción de Fermi fue impugnada por mi antiguo colaborador A. V. Grosse, el primero que logró obtener protactinio puro. Ni Grosse ni Agruss creían en la existencia de átomos de carga nuclear superior a 92; según ellos, se trataba de representantes del elemento 91, esto es, de isótopos del protactinio. Ahora bien, Lise Meitner y yo conocíamos perfectamente las propiedades del protactinio y yo, por mi parte, había descubierto muchos años antes un isótopo de protactinio emisor de rayos beta, el uranio Z. Era pues lógico que deseáramos

(1) Véase el artículo de S. Flügge en *Die Naturwissenschaften* 27, 402-410 (1939).

repetir los experimentos de Fermi para ver quién tenía razón, si Fermi o Grosse, o, en otros términos, si los nuevos átomos artificiales correspondían a elementos de número atómico superior a 92 o bien al elemento 91, es decir, al protactinio.

Utilizando el uranio Z como indicador para el elemento 91, Lise Meitner y yo pudimos demostrar sin lugar a dudas que las sustancias observadas por Fermi no constituyen isótopos del protactinio, lo cual justificaba la conclusión de que se trataba de elementos superiores al uranio (Ya con anterioridad se había excluido la posibilidad de que fueran torio-90 o actinio-89). El proceso se explicaba de la siguiente manera:

Al ser irradiado con neutrones, el núcleo de uranio capta un neutrón y se forma un isótopo artificial del uranio cuya masa se ha incrementado en una unidad. Por lo tanto, en el núcleo un neutrón se transforma en protón. El isótopo del uranio emite un rayo beta y se convierte en un representante del elemento 93, o sea un transuránico. Fermi y sus colaboradores obtuvieron no sólo un elemento de período corto, sino varios emisores beta formados simultáneamente: uno de 10 segundos de período y otro de 40 segundos. Teniendo en cuenta la experiencia que se había adquirido con los demás elementos del sistema periódico, sólo podía tratarse de isótopos del uranio de período corto. Al parecer, se transformaban ulteriormente a su vez en productos artificiales.

Lise Meitner y yo pudimos confirmar y ampliar los resultados experimentales del grupo de Fermi. Pudo comprobarse la gran complejidad de los procesos y, en colaboración con Fritz Strassmann, establecimos en cuatro años de trabajo dos grandes series de "elementos transuránicos" artificiales cuyas cargas nucleares hipotéticas abarcaban del 93 para el ekarenio al 96 para el ekaplantino. La primera daba comienzo con el isótopo del uranio de 10 segundos de período, obtenido por Fermi; la segunda, con el isótopo de 40 segundos. En vista de que todos los productos de transformación de estos isótopos podían ser precipitados mediante ácido sulfhídrico en solución fuertemente ácida, las propiedades químicas de los "elementos transuránicos" satisfacían la hipótesis del ekarenio-93 y de los homólogos de los metales del grupo del platino: ekaosmio-94, ekairidio-95 y ekaplantino-96.

Sin embargo, todo el edificio de nuestros "elementos transuránicos" reposaba sobre un error poco menos que trágico: la hipótesis de Fermi de unos isótopos del uranio de período corto (10 y 40 segundos, respectivamente). La conclusión que Fermi había formulado en 1934, al irradiar uranio con neutrones, era entonces acertada y acertadas eran también al parecer nuestras largas series de transformaciones. Fermi no podía saber que el proceso sufrido por el uranio es muy distinto del experimentado por los elementos inferiores del sistema periódico cuando

se les irradia con neutrones. Harían falta resultados complementarios que en un principio vinieron a aumentar la confusión, hasta que por fin se logró explicar correctamente los fenómenos que se producen durante la irradiación del uranio.

No tardaría mucho el error en dejar paso al éxito. Además de las sustancias de 10 y de 40 segundos de período que Fermi tomaba por isótopos del uranio, obtuvimos Lise Meitner y yo, en condiciones de irradiación especiales, un producto artificial de 23 minutos de período que no hubo dificultad en identificar con ayuda de indicadores como un verdadero isótopo del uranio. Como este elemento emitía rayos beta, tenía que transformarse necesariamente en el elemento 93, esto es, el ekarenio. A pesar de nuestros esfuerzos, no logramos obtener este ekarenio, ya que nuestras fuentes eran demasiado débiles. Es cierto que en aquella época no le atribuíamos una importancia especial, pues creíamos haber identificado representantes del ekarenio bajo forma de productos de transformación de los isótopos del uranio de período corto de que hablaba Fermi. Una vez más incurrimos en un error casi fatal acerca de esos isótopos. De no ser por ello, hubiéramos dedicado más atención al producto de transformación del isótopo del uranio, de 23 minutos de período. Es probable que por separación reiterada del uranio de 23 minutos, esto es, por enriquecimiento de su producto de transformación aún desconocido, hubiéramos obtenido el ekarenio, para comprobar con sorpresa que sus propiedades no eran las que le atribuíamos a juzgar por las transformaciones según Fermi. Después del descubrimiento de la fisión del uranio, MacMillan y Abelson hallaron el verdadero elemento 93, que fue denominado neptunio por sus descubridores.

Pero volvamos al año 1938. Al examinar el Sr. Strassmann y yo uno de los llamados elementos de 3,5 h de período descritos por Curie y Savitch, pudimos identificar no menos de cuatro sustancias nuevas, que calificamos todas de isótopos artificiales del radio, con lo que aumentó el número de los núclidos artificiales formados directa o indirectamente. Dadas sus reacciones químicas, sólo podía tratarse de radio o bien del bario añadido para su precipitación. La segunda posibilidad quedaba sin embargo excluida por toda la experiencia adquirida hasta la fecha en la esfera de la física nuclear.

Pero por fin se procedió a los experimentos que permitieron resolver el problema. Procurábamos separar nuestro "radio" artificial del inactivo lastre de bario mediante una cristalización fraccionada, ya que queríamos disponer de capas más delgadas para estudiar los rayos beta. El resultado es bien conocido. No logramos separar el "radio" del bario, pese a haber empleado los métodos más diversos y con los que estábamos largamente familiarizados. Ciertos experimentos en los cuales utilizábamos, como indicadores, isótopos naturales del radio, como el

mesotorio y el torio X, conjuntamente con nuestro "radio" artificial, nos permitieron comprobar que nuestro "radio" artificial no era radio, sino bario. Al ser irradiado con neutrones, el uranio "se escindió" en elementos de peso intermedio, uno de los cuales era el bario, mientras que el otro fue identificado poco después como el criptón; ambos aparecían en forma de varios isótopos.

Lise Meitner y O. R. Frisch fueron los primeros en explicar esta escisión, y a propuesta suya, el proceso se denomina hoy fisión.

Al comienzo de esta breve exposición histórica, he afirmado no tener en realidad nada que ver con el 2 de diciembre de 1942, fecha en que el reactor atómico de Fermi "alcanzó la criticidad". Esto es la pura verdad. Sin embargo, tanto yo como mis cole-

gas Lise Meitner y Fritz Strassmann estuvimos estrechamente vinculados con Fermi. Los productos de transformación de período corto, identificados por Fermi como "isótopos del uranio" fueron el punto de partida de una colaboración que duró cuatro años. Si bien es cierto que después de haber encontrado la verdadera explicación del fenómeno, se comprobó que la hipótesis de los isótopos del uranio de período corto era errónea, también es cierto que los trabajos sistemáticos se vieron, a la larga, coronados por el éxito. De no ser por Fermi, es improbable que ni Hahn, ni Meitner, ni Strassmann se hubieran interesado por el uranio.

Por eso, al rendir hoy tributo a la memoria de Fermi, no lo hacemos pensando tanto en su reactor, como en sus experimentos neutrónicos que permitieron provocar reacciones nucleares artificiales.