

# ACIERTOS Y DESACIERTOS EN TORNO A LA ENERGIA NUCLEAR

Por Lise Meitner

El 2 de diciembre de 1942, hace ahora 20 años, consiguió Enrico Fermi hacer "alcanzar la criticidad", o sea, poner en funcionamiento al primer reactor del mundo. No fue ni mucho menos obra del azar el que precisamente fuera Fermi el llamado a resolver ese problema tan complicado para la época, pese a ser en principio relativamente sencillo. Tanto en el campo teórico como en el experimental, fue Fermi uno de los físicos más geniales de nuestro tiempo, siempre dispuesto a plantear de la manera más sencilla los problemas más arduos y dotado de un asombroso poder de observación para escoger el camino más sencillo, ampliando los métodos experimentales existentes o creando otros nuevos, cuando los disponibles no bastaban.

Naturalmente, la base que permitió a Fermi la hazaña de construir el primer reactor fue el descubrimiento de la fisión del uranio, conseguida por Otto Hahn y Fritz Strassmann por irradiación neutrónica del uranio ordinario. Para llegar a ello, hubo que recorrer un camino asombrosamente largo y en parte erróneo, si lo contemplamos desde la perspectiva de los conocimientos actuales.

Ahora bien, fue Fermi quien trazó este camino, ciertamente desviado, pero que al final conduciría a la meta correcta.

Muy poco después de que Chadwick descubriera el neutrón e I. Curie y F. Joliot la radiactividad artificial, Fermi llegó a la conclusión de que precisamente los neutrones, al estar desprovistos de carga eléctrica, se prestaban muy bien a penetrar en los núcleos de átomo pesados, es decir, fuertemente cargados, provocando en ellos reacciones nucleares. Acompañado de un equipo de jóvenes colaboradores, a quien él formaba a la sazón, irradió elementos de toda clase, obteniendo diversos nuevos radioisótopos, en particular de elementos pesados. Arrojó resultados de especial interés la irradiación del uranio, entonces el más pesado de los elementos conocidos, dado que Fermi estimaba que se llegaría de este modo a los elementos de número atómico 93 y 94, o sea, a los transuránicos.

Estos experimentos me parecían tan fascinantes que, a raíz de la publicación de su descripción en Nuovo Cimento y en Nature, persuadía a Otto Hahn de la utilidad de reanudar nuestra colaboración directa, muchos años interrumpida, para consagrarnos al estudio de estos problemas.



Lise Meitner (foto USIS)

Así, en 1934, tras 12 años largos de interrupción, reiniciamos la tarea común, a la que al cabo de cierto tiempo aportó Fritz Strassmann su valiosísima colaboración.

Como es natural, no dejaba de influir en nosotros la hipótesis de Fermi según la cual se trataba, en el caso del uranio, de la formación de elementos transuránicos. El comportamiento del torio parecía confirmar dicha hipótesis. Al irradiar torio-232 con neutrones lentos, detectamos, además del torio-233, emisor de rayos beta con un período de 26 minutos -elemento ya observado por Fermi- un protactinio-233 que también emite rayos beta con un período de unos 25 días, cuya identidad química no ofrecía lugar a dudas. De todos modos, me preocupaba el hecho de que pudiera existir, en el caso del uranio, una tan larga cadena de desintegraciones beta consecutivas, y, por consiguiente, un constante aumento de las cargas nucleares, sin que se registrara incremento de la masa.

Con miras a disipar esas preocupaciones, procedimos a un detenido estudio del uranio irradiado con neutrones lentos. Conseguimos demostrar químicamente de manera categórica la formación de uranio-239 emisor de rayos beta con un período de unos 23 minutos. Comprobamos que se trataba de un fenómeno de resonancia, cuya energía era de  $25 \pm 10$  V. Una vez demostrada la emisión de radiación beta, no cabía poner en duda la formación del elemento 93, que denominamos ekarenio y que posteriormente recibió el nombre de neptunio; sin embargo, nuestros preparados eran demasiado débiles para poder investigar, por ejemplo, las propiedades químicas del neptunio o su período de semidesintegración. Nuestra mayor dificultad consistía en que en este experimento tuvimos que examinar la totalidad del uranio irradiado y, pese a haber separado cuidadosamente el uranio X, la formación de nuevas cantidades de uranio X compensaba rápidamente la actividad del uranio-239, que decrece con un período de 23 minutos.

Al proceder a la precipitación de los productos obtenidos por bombardeo con neutrones rápidos, hemos procurado siempre que el uranio, el protactinio y el torio permanecieran en el filtrado, con lo que pensábamos confirmar el carácter transuránico de los elementos precipitados. Pero cometimos el error de no examinar nunca los filtrados de nuestras precipitaciones, ni siquiera en los experimentos con neutrones lentos. Recién lo hicimos después de leer, en el primer informe sobre este problema, publicado por Curie y Savitch, que sus experimentos habían conducido al descubrimiento de un nuevo isótopo de torio. Al repetir el experimento de los investigadores franceses, nos limitamos por desgracia a buscar un isótopo del torio en el filtrado, pero nuestros análisis dieron un resultado negativo.

Escribimos a Irene Curie comunicándole ese resultado y en la siguiente publicación de Curie y Savitch, en la que describían su famoso "elemento de 3,5 horas" aparecía una nota confirmando nuestra comunicación. Los autores franceses deducían de sus resultados, si bien con vacilación manifiesta, que el "elemento de 3,5 horas" era un elemento transuránico cuyo comportamiento se asemejaba, hasta cierto punto, al de las tierras raras (lantano). Hoy sabemos que el llamado "elemento de 3,5 horas" consistía en una mezcla de bario y lantano. Tal vez sea interesante recordar el detalle siguiente, que me mencionó von Hevesy: en 1938 Irene Curie le dijo que creía a veces tener todos los elementos químicos juntos en su uranio irradiado.

En la época en que se dio a conocer el trabajo sobre el "elemento de 3,5 horas", acababa yo de abandonar Alemania (julio de 1938), y tras una breve estancia en los Países Bajos me trasladé a Estocolmo, donde se puso a mi disposición un laboratorio en el nuevo Instituto de Manne Siegbahn.

Hahn y Strassmann, con toda razón muy interesados en los resultados de los investigadores franceses y tentados de verificarlos, repitieron los experimentos para obtener ese "elemento de 3,5 horas" e identificarlo químicamente.

Sus cuidadosos experimentos llevaron a la conclusión de que no se trataba de una sustancia químicamente homogénea, sino de una mezcla de isótopos del radio de actividad beta y de isótopos del actinio procedentes de los del radio y dotados igualmente de actividad beta.

La separación de los isótopos del radio se había conseguido precipitándolos en presencia de bario. Pero cuando Hahn y Strassmann trataron posteriormente de separar estos "isótopos del radio" del bario portador, comprobaron con gran sorpresa que esto era imposible, a pesar de que el mismo método había servido para separar del bario dos conocidos isótopos del radio (torio X y mesotorio 1), aun trabajando con muy pequeñas cantidades, como bien les constaba. La conclusión era inevitable: los "isótopos del radio" eran en realidad isótopos del bario. Quisiera destacar que dada la escasa actividad de los preparados a identificar, esta comprobación fue realmente una obra maestra de radioquímica, obra maestra que, a la sazón, nadie fuera de Hahn y Strassmann hubiera podido realizar.

En la Navidad de 1938, Hahn me comunicó por escrito los sorprendentes resultados obtenidos por él y por Strassmann en sus últimos experimentos. Me encontraba entonces en Kungälv, en la costa occidental de Suecia, pasando unos días de vacaciones en compañía de O.R. Frisch, que había venido de Copenhague. Como es lógico, Hahn en su carta rebosaba verdadera emoción y me preguntaba qué opinaba yo, en mi calidad de física, de aquellos resultados. La lectura de la carta me causó vivísimo asombro y, hablando con franqueza, cierta inquietud. Me constaban demasiado bien la altísima competencia de Hahn y Strassmann en materia de química como para dudar un solo instante de la exactitud de sus sorprendentes resultados. Me daba perfecta cuenta de que éstos abrían a la ciencia un camino totalmente nuevo, pero ¡cómo nos equivocamos en aquellos primeros trabajos!

En el deseo de referir a Frisch novedad tan transcendental, hube de desviar la conversación en que pretendía describirme un imán de grandes dimensiones que acababa de diseñar. Pero por último, el tema nos cautivó ya que estábamos convencidos de que el proceso en cuestión no tenía nada que ver con el de la expulsión de un nucleón o de una partícula alfa.

Poco a poco fuimos comprendiendo el nuevo fenómeno gracias al modelo de la gota nuclear Bohr, con arreglo al cual la tensión superficial ejerce una ac-

ción estabilizadora sobre las pequeñas deformaciones que el núcleo podría experimentar. En el curso de nuestra discusión, llegamos a la imagen siguiente: si el núcleo de uranio, de carga elevada y cuya tensión superficial está sensiblemente disminuida por la repulsión mutua de los protones, alcanza gracias al neutrón capturado un movimiento colectivo de intensidad suficiente, puede estirarse; se forma una especie de estrangulamiento que provoca finalmente una división en dos núcleos más ligeros, aproximadamente iguales entre sí, que tienden entonces a separarse con gran energía en virtud de la repulsión mutua. Calculamos en 200 MeV aproximadamente la energía liberada en este proceso. Dado que el fenómeno se asemejaba al proceso de división celular, le dimos, a propuesta de Frisch, el nombre de fisión y subrayamos su carácter inédito titulando la memoria al respecto "A New Type of Nuclear Reaction".

La publicación de esta memoria se produjo en circunstancias algo inusitadas: como consecuencia de algunas conversaciones telefónicas. En efecto, Frisch había regresado a Copenhague y yo a Estocolmo sin haber logrado plasmar nuestras ideas en una fórmula definitiva. Por teléfono nos pusimos de acuerdo sobre la manera en que convenía determinar la enorme cantidad de energía liberada en el proceso de fisión, bien midiendo la ionización por los fragmentos de fisión expulsados con gran energía -método que Frisch propuso y aplicó sin tardanza- o bien recogiendo los productos de fisión en virtud de su energía de retroceso, operación que yo sugerí y Joliot llevó a la práctica poco tiempo después.

El 16 de enero de 1939 enviamos dos notas a Nature en que exponíamos nuestra interpretación del proceso de fisión y la prueba experimental de Frisch acerca de la gran cantidad de energía inherente a los núcleos más ligeros formados en el curso del mismo. Estas notas no fueron reproducidas hasta el 11 y el 18 de febrero, respectivamente, ya que no habíamos insistido en una publicación rápida.

Entretanto habían ocurrido varios acontecimientos inesperados. Bohr había ido a los Estados Unidos y el 26 de enero daba cuenta en Washington a la American Physical Society del trabajo, ya publicado, de Hahn y Strassmann y de nuestra interpretación del fenómeno, que Bohr conocía por habérselo comunicado Frisch a su regreso de Kungälv. (Acaso convenga recordar que Bohr manifestó inmediatamente su asombro de que este proceso no hubiera sido previsto por los teóricos). Antes de que Bohr terminase su exposición, algunos investigadores americanos abandonaron la sesión para determinar la energía de ionización de los productos de fisión, como habíamos indicado en nuestra descripción y no perdieron tiempo en publicar en un diario sus resultados, antes incluso de que Bohr supiera que Frisch había efectuado ya dicha demostración. Bohr se enteró de esto más tarde por una carta de su hijo e insistió ante los periodistas americanos para que la prioridad del descubrimiento fuera reconocida a Frisch. Por lo visto, salió a relucir en el curso de esta polémica la aseveración de que Frisch era yerno de Bohr. Ese rumor era sorprendente en extremo, ya que Bohr jamás tuvo hijas y que Frisch era soltero a la sazón.

Los hechos posteriores son bien conocidos.

No quisiera yo terminar esta exposición sin recordar hasta qué punto deseaba que la recién descubierta fuente de energía fuera utilizada únicamente con fines pacíficos. Durante la guerra, solía yo decir a un amigo de Estocolmo, Oskar Klein: "Espero que no se logre construir una bomba atómica, pero con frecuencia temo que se consiga a pesar de todo".

Mis temores estaban justificados: ¡qué aspecto presenta hoy el mundo! Pero abrigó la esperanza de que la Conferencia de Pugwash que ahora se está celebrando en Cambridge y otros esfuerzos análogos acabarían por resolver los complicadísimos problemas que se plantean en la actualidad, y estoy firmemente convencida de que Fermi hubiera compartido esta esperanza.