

RETORNO A COPENHAGUE 1941

Eduardo Ros

Por fin ha llegado a la escena española la extraordinaria obra de teatro ‘Copenhague’ de Michael Frayn [1]. Esperemos que tras su estreno en Madrid la pasada primavera, pueda verse representada en la capital del Turia para deleite de todos los físicos valencianos que sean también amantes del teatro. Se asiste durante hora y media a la evocación de todos los conceptos que nos han explicado en los cursos de física cuántica: probabilidad, incertidumbre, dualidad onda-corpúsculo, etc... y todo ello por boca de un trío singular formado por Niels Bohr, su esposa Margrethe y Werner Heisenberg. El hecho histórico evocado en la obra es un curioso acontecimiento ocurrido en plena segunda guerra mundial, la sorprendente visita de Heisenberg a Bohr en un Copenhague ocupado por las tropas nazis [2]. Lo único claro de este encuentro es que fue muy breve y acabó en un malentendido que ningún historiador ha sido capaz de aclarar con posterioridad. Tras leer varias hipótesis posibles de lo sucedido, pienso que la única explicación racional es que Heisenberg deseaba utilizar a su antiguo maestro para entrar en contacto con sus colegas ingleses y americanos con el fin de llegar a un acuerdo que impidiese la utilización de armas nucleares. Pero la complicidad de antaño entre estos dos grandes físicos se había trocado en desconfianza por parte de un Bohr humillado en su doble condición de habitante de un país ocupado y ciudadano de ascendencia judía.

Para poder entender los acontecimientos relatados en la obra hay que recordar que por esas fechas Heisenberg era nada menos que el director del programa que desarrollaba la Alemania nazi para obtener energía nuclear a partir de la fisión del uranio. La historia de este programa es bien conocida: inducido por unas medidas erróneas de Bothe sobre la difusión de neutrones en grafito, Heisenberg propuso la construcción de una pila nuclear a base de uranio débilmente enriquecido y agua pesada como moderador. La escasez de agua pesada resultaría a la postre fatal y el reactor de Heisenberg jamás alcanzaría la criticidad. El equipo de Enrico Fermi en la Universidad de Columbia se enfrentó a los mismos problemas pero supo entender que el origen de éstos residía en las impurezas de boro dentro del grafito. Utilizando grafito puro y uranio natural, Fermi conseguiría finalmente una reacción en

cadena el 2 de diciembre de 1942. Lo que ocurrió después es también conocido y apela a la conciencia moral de los científicos, algo que la obra de teatro se recrea en indagar de forma insistente.

Para muchos, esta obra de teatro puede ser una incitación a profundizar más en los acontecimientos históricos y en tal caso se pueden recomendar algunos buenos libros sobre el tema [3]. Personalmente, el aspecto que más me ha interesado es una curiosa discusión hacia el final de la obra, donde Bohr recrimina a Heisenberg el no haber sido capaz, a pesar de sus conocidos dotes para los cálculos teóricos, de predecir el valor de la masa crítica de uranio necesaria para fabricar una bomba. Hay que recordar que, tras el descubrimiento de la fisión por Hahn y Strassmann en diciembre de 1938, fueron posiblemente los físicos franceses del equipo de Joliot-Curie los primeros en llegar al concepto de masa crítica y en hacer una primera estimación de la misma en torno a 1 tonelada de uranio natural. Esta estimación no tenía por supuesto en cuenta que de los dos isótopos del uranio (235 y 238), tan sólo el primero, mucho menos abundante, se fisiona de forma apreciable. Hubo que esperar a los trabajos teóricos de Bohr y Wheeler, realizados a lo largo de 1939, para entender el papel del U-235, pero para entonces las investigaciones sobre la fisión del uranio eran ya consideradas secreto militar. En abril de 1940, O.Frisch y R.Peierls, ambos refugiados en Inglaterra, reducen la masa crítica a tan solo 1 kg de U-235 puro. Mientras tanto, E.Lawrence y sus colaboradores logran producir gracias al ciclotrón de Berkeley otro material más fisible todavía, el Plutonio-239. Hasta bien entrado el año 1942 no se consigue producir suficiente U-235 y Pu-239 para poder hacer mediciones fiables de sus propiedades de fisión. Una vez efectuadas estas, hay que revisar al alza la masa crítica: 45 kg para U-235 y 15 kg par Pu-239, que son los valores que hoy día se consideran correctos. ¿ Llegó Heisenberg a calcular estos valores? Difícil responder a esta pregunta, pero en todo caso jamás intentó investigar nada que no fuera su reactor de agua pesada.

He buscado en varios libros de texto de física nuclear [4] el cálculo de la masa crítica. Curiosamente en varios de ellos he hallado explicaciones suficientes para entender el funcionamiento de un reactor nuclear donde la fisión es producida por neutrones lentos, pero en ninguno se discute en detalle la reacción en cadena que ocurre en las explosiones nucleares, producida por neutrones rápidos. Esto ocurre mas de cincuenta años después de los sucesos, cruciales en la historia del siglo XX, y en los cuales intervinieron directa o indirectamente al menos una veintena de premios Nobel de física y química [5].

[1] M.Frayn, 'Copenhague'. La obra se estrenó en Londres en 1998 y obtuvo varios premios prestigiosos, entre ellos el de 'mejor obra del año' concedido por el 'Critics Circle' londinense.



[2] Heisenberg viajó a Copenhague el 15 de septiembre de 1941 y durante los días siguientes celebró varios encuentros con los físicos del Instituto de Física Teórica. La visita al domicilio particular de Bohr recreada en la obra de teatro debió de ocurrir el 16 de septiembre.

[3] R.Rhodes, 'The making of the atomic bomb', Simon & Schuster(1986)
T.Powers, 'Heisenberg's war: the secret history of the german bomb', Da Capo Press(1993)

D.Cassidy, 'Uncertainty, the life and science of Werner Heisenberg', Freeman(1992)

[4] E.Segré, 'Núcleos y partículas', Reverte(1972)

K.Krane, 'Introductory Nuclear Physics', Wiley & Sons(1988)

S.Wong, 'Introductory Nuclear Physics', Prentice Hall(1990)

W.Williams, 'Nuclear and Particle Physics', Oxford Science(1991)

[5] En el programa alemán para desarrollar la energía nuclear encontramos los nombres de W.Heisenberg, W.Bothe, H.Jensen y por supuesto O.Hahn, premio Nobel de Química en 1944 por el descubrimiento de la fisión. Al frente del programa inglés, absorbido por el americano posteriormente, se hallaban entre otros G.P.Thomson, J.Cockcroft y J.Chadwick, el descubridor del neutrón. Al frente del programa americano se colocaron A.Compton,

E. Lawrence y H. Urey jugaron un papel importante en este programa. E. Fermi, N. Bohr y E. Wigner. Entre los científicos que trabajaron en Los Alamos encontramos en papeles destacados a E. Segre y A. Bethe, pero también estaban allí R. Feynman y L. Alvarez, que desarrollarían con posterioridad brillantes carreras. No hay que olvidar el papel inicial jugado por F. Joliot, hasta la invasión de Francia por las tropas alemanas en 1940. Finalmente la fabricación del plutonio estuvo a cargo de G. Seaborg y E. McMillan, ambos premio Nobel de Química en 1951 por sus trabajos sobre los elementos transuránicos.