

CONSIDERACIONES SOBRE EL PROBABLE FUNDAMENTO
DE LA "BOMBA ATOMICA"

Por T. BATUECAS

La noticia oficial norteamericana dando cuenta que, el 6 de Agosto de 1945, una arma novísima —de efectos muy superiores a las demás conocidas— había sido utilizada, por vez primera, contra Hiroshima, aniquilando esta ciudad japonesa, provocó tanta sensación —apenas divulgada— que son muy explicables la viva curiosidad e interés despertados, con tal motivo, en el mundo entero.

Dado el rigor extremo con que el Gobierno de los Estados Unidos oculta todo lo referente a la terrible arma, nadie pretenda hallar en las presentes líneas explicación clara y satisfactoria de aquello que, siendo un secreto tan celosamente guardado, sólo contadísimas personas conocen, a saber: el *mecanismo real de la "bomba atómica"*. Lo único que el lector encontrará en este artículo —su autor lo advierte en seguida lealmente— son algunas consideraciones relacionadas con el probable fundamento, que puede haber servido de base al reducido grupo de eminentes científicos, que han concebido y llevado a término la fabulosa empresa de construir la citada bomba.

Nuestras consideraciones tendrán como punto de partida la admirable serie de estudios que, desde 1933, venían realizándose por buen número de físicos, sobre los fenómenos de transmutación que sufren los núcleos atómicos, al ser bombardeados por *neutrones*. Antes, sin embargo, creemos útil principiar recordando algunos conceptos generales y muy conocidos sobre estructura atómica, pues, de esta suerte, cuanto deseamos exponer aquí, resultará más fácil y asequible.

De acuerdo con las concepciones de ciertos filósofos de la Grecia clásica y, asimismo, con las ideas de Dalton y sus continuadores, los *átomos* (o partículas últimas constitutivas de los cuerpos materiales), habría que considerarlos como indivisibles e inmutables. Mas, desde fi-

nales del siglo XIX, fueron acumulándose —una tras otra— las pruebas experimentales que hacían dudosa la validez general del postulado referente a la indivisibilidad e inmutabilidad atómicas. De una parte, en efecto, los numerosos experimentos demostrativos de que la materia, sometida a diversas acciones no muy enérgicas, libera cargas eléctricas negativas, obligaron a concluir que, uno de los constituyentes esenciales de todos los cuerpos debían ser los *electrones*. Por otra parte, los fenómenos de radiactividad natural (descubiertos por H. Becquerel en 1896 y estudiados a fondo por Pierre y María Curie y E. Rutherford, entre otros) probaron también que los elementos de masa atómica elevada son inestables, pues emiten diversas radiaciones (α , β , γ) y se transforman unos en otros. En fin, las experiencias fundamentales, realizadas en 1911 por Rutherford y sus colaboradores, sobre la difusión, por la materia, de las partículas α procedentes de ciertas sustancias radiactivas, demostraron —en forma concluyente— que los átomos están dotados de un núcleo pequeñísimo, en que se encierra prácticamente toda la masa y cuya carga positiva es la necesaria para neutralizar la de los electrones existentes.

Poco después de Rutherford, el danés N. Bohr, a fin de explicar los espectros emitidos por los átomos, estableció el modelo atómico que lleva su nombre. Según este modelo, los átomos serían —en primera aproximación— a manera de diminutos sistemas planetarios, en cuyo centro se halla el núcleo y en torno del cual giran los electrones periféricos. Estos últimos no están, sin embargo, distribuidos al azar, sino formando capas concéntricas, cada una de las cuales encierra sólo un número limitado de electrones. Añadiremos aún que, la labor tenaz y admirable de los modernos espectroscopistas y un postulado de amplia y profunda significación (el llamado *principio de Pauli*), han permitido explicar las estructuras electrónicas de casi todos los átomos.

Imaginando la formación de los elementos químicos, por adición sucesiva de electrones (y la correspondiente variación en el núcleo, claro es), resultará que, al completarse una capa, el electrón siguiente iniciará otra nueva. Ahora bien, como las propiedades químicas de los distintos elementos dependen del número y configuración de los electrones más externos y tales configuraciones se reproducen a intervalos fijos, existirán elementos de propiedades afines. Mas, justamente, estas regularidades —conocidas desde hace tiempo— constituyen la base empírica del *sistema periódico*, establecido en la pasada centuria por D. Mendelejeff y L. Meyer, y cuya importancia es fundamental en Quí-

mica. Como se sabe, este sistema es una ordenación de los elementos químicos, de tal suerte que, disponiéndolos según sus masas atómicas crecientes, aparecen —a intervalos determinados (llamados *periodos*)— elementos de propiedades análogas, que reunidos forman *grupos*. Tales son los formados por los halógenos, o los metales alcalinos, para no citar sino ejemplos bien conocidos. A cada uno de los 92 elementos de la Tabla periódica corresponde un lugar; así, el hidrógeno ocupa el primer lugar, el helio el segundo, etc., y el uranio el 92. Según lo dicho con anterioridad, todo ello encuentra explicación adecuada dentro del modelo atómico planetario y el principio de Pauli; el número de electrones periféricos de un átomo condiciona sus propiedades químicas y también su posición en la Tabla periódica. Haremos notar que, si bien el modelo atómico de Bohr es satisfactorio, en líneas generales, tropieza en ciertos aspectos con dificultades insuperables, sólo resueltas por las novísimas teorías de L. de Broglie, E. Schrödinger y W. Heisenberg; mas, sobre estas teorías —aun dada su importancia fundamental— nada diremos aquí, teniendo en cuenta la índole y finalidad de este artículo.

Veamos ahora lo referente a la constitución y estabilidad de los núcleos atómicos, de tanto interés para la cuestión que nos ocupa. La prueba experimental de que algunos núcleos, además de inestables, poseen cierta complejidad, viene impuesta por los fenómenos de radioactividad natural. En efecto, como la emisión de partículas por los átomos generadores (uno de los rasgos esenciales de la radiactividad), tiene lugar en la región más interna de aquéllos, parece lógico admitir que dichas partículas puedan preexistir en los edificios atómicos de que proceden. Otras pruebas que demuestran la complejidad de los núcleos, tienen por base los numerosos experimentos de transmutación realizados, desde 1919, fecha en que —por primera vez— logró Rutherford poner en evidencia la liberación de protones (núcleos de hidrógeno), al bombardear nitrógeno con partículas α . Pero, de estas pruebas, importantísimas para nuestro objeto, nos ocuparemos después.

Entre las varias partículas elementales, hasta ahora conocidas: *protón*, *neutrón*, *electrón negativo* y *positrón* (1), únicamente las dos

(1) Esta partícula, descubierta en 1932 por C. D. Anderson, en el curso de sus investigaciones sobre la radiación cósmica, difiere del electrón negativo por el signo de su carga y por su vida tan efímera, que sólo alcanza a una pequeña fracción de segundo. Otro tanto sucede con el *mesotrón*, o *electrón pesado*, descubierta también por Anderson ulteriormente.

primeras intervienen en los núcleos. Esta, al menos, es la hipótesis que, propuesta en 1932 por Heisenberg, se acepta en la actualidad. El número de protones fija la carga nuclear y, como el valor de esta última es idéntico al de electrones periféricos, dicho número determinará asimismo la posición del elemento en la Tabla periódica.

Empero, mientras el número de protones es único para cada elemento, el de neutrones puede variar entre límites restringidos. En consecuencia, a un mismo elemento químico podrán corresponder uno o más núcleos, los cuales —por ocupar el mismo lugar del sistema periódico— se denominan *isotopos*. Estos poseen, de ordinario, iguales propiedades químicas, salvo el caso excepcional del hidrógeno, cuyos dos isotopos más corrientes, H_1^1 y H_1^2 (2), muestran diferencias bastante acusadas. Los elementos del comienzo y final de la Tabla periódica se caracterizan por un número escaso de isotopos; en cambio, los intermedios poseen, en general, un crecido número de ellos. Así, p. ej., el hidrógeno y el oxígeno tienen tres cada uno, el carbono y el nitrógeno dos, el fluor y el sodio uno y, en fin, el uranio dos principales masas 235 y 238; por el contrario, el krypton (de carga nuclear 36) tiene 6 isotopos y el bario (cuya carga nuclear vale 56) posee 7. Teniendo en cuenta que protones y neutrones son los constituyentes nucleares y que ambas partículas tienen casi idéntica masa, el número de neutrones pertenecientes a un núcleo, se obtendrá restando de la masa atómica el de sus protones. Según esto, el núcleo de hidrógeno pesado (o *deuterio*) tendrá un neutrón, el O_8^{16} poseerá 8, el Cl_{17}^{35} 18, el Ba_{56}^{138} tendrá 82 y, en fin, el U_{92}^{235} hasta 143. Una observación que cabe hacer a este propósito, y útil para lo sucesivo, muestra que, así como en los elementos de masa atómica ligera, el número de neutrones es idéntico o muy poco superior al de protones, a partir del calcio (carga nuclear =20) el exceso de neutrones se va acentuando progresivamente, hasta el final de la Tabla periódica.

La existencia de isotopos —en número menor o mayor, pero limitado— plantea la cuestión referente a la estabilidad de los núcleos atómicos. Por de pronto, siendo ineludible admitir fuerzas atractivas po-

(2) Se ha convenido en representar los isotopos por el símbolo del elemento a que pertenecen, acompañándolo de dos números: uno, en la parte superior, indicando la masa, y otro, en la inferior que representa la carga nuclear. Como única excepción, el hidrógeno pesado, descubierta en 1932 por H. C. Urey, se suele designar también por el símbolo *D*, inicial de *deuterio*, nombre dado por su descubridor al nuevo isotopo.

derosas entre los constituyentes nucleares, un determinado núcleo será más o menos estable, según la magnitud de la energía liberada al unirse todos los protones y neutrones que lo forman. Dicha energía tiene por origen la diferencia entre las masas correspondientes a sus partículas integrantes y la efectiva del propio núcleo, ya que, de acuerdo con las ideas relativistas de Einstein, si toda masa equivale a una energía y recíprocamente, la diferencia en cuestión representará la energía puesta en juego, al constituirse el núcleo.

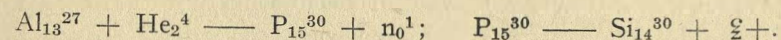
Mas, acontece que, la energía de formación nuclear es, *grosso modo*, proporcional al número de partículas elementales; dicho de otra suerte, cada una de ellas constituye, aproximadamente, con la misma cantidad a la energía de formación total. Aceptando con N. Bohr y J. A. Wheeler (3), que los núcleos son análogos a gotitas líquidas cargadas positivamente, sucederá que, mientras las gotitas sean muy pequeñas, conservarán la forma esférica y ello porque la tensión superficial —característica de los líquidos— supera entonces a la repulsión eléctrica. Pero, al crecer el tamaño de las gotas y, por tanto, su carga, la relación entre ambas fuerzas se modifica en sentido favorable a la repulsión electrostática; en su virtud, las gotas adoptarán la forma de elipsoides cada vez más alargados, terminando por escindirse en dos fragmentos, si sufren algún choque bastante intenso. Tales gotas líquidas —de gran tamaño— corresponderán a núcleos de elevada carga, p. ej., los de uranio o torio. Para el primero de ellos, el estudio cuantitativo del problema, efectuado por Bohr y Wheeler, lleva a la consecuencia que, entre los isotopos del uranio, sólo el de masa 235 experimenta la ruptura bajo la acción de neutrones lentos. Destaquemos la importancia de esta conclusión —que la experiencia, por otra parte, ha confirmado— ya que más adelante habrá de ser útil.

Examinemos ahora, con brevedad, los procesos de transmutación que experimentan los núcleos por la acción de proyectiles atómicos de suficiente energía. Ya dijimos incidentalmente que, el primero de tales procesos bien conocidos se debe a Rutherford, quien, al bombardear nitrógeno con partículas α , demostró que había liberación de protones; en opinión del gran físico inglés, ello implicaba la formación simultánea de un isotopo estable del oxígeno, O_8^{17} , es decir, que la interpretación del proceso conducía a la reacción nuclear siguiente:

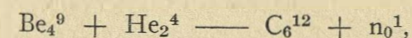


(3) Véase, a este respecto, el interesante artículo de K. F. von Weizsacker, publicado en *Investigación y Progreso*, p. 119, 1941.

Este descubrimiento —tan fundamental en varios aspectos— dio origen a numerosas y admirables investigaciones, en las que, tanto Rutherford y sus colaboradores, como otros eminentes físicos, lograron resultados del máximo interés. Merece destacarse entre ellos, por su gran trascendencia, el de la *radiactividad artificial*, descubierta en 1934 por el matrimonio Curie-Juliot, al hacer actuar sobre el boro y el aluminio la radiación α emitida por el *polonio* (RaF). Mas, a diferencia del nitrógeno, cuya transmutación por las partículas α tiene lugar en una etapa, para el aluminio y boro los procesos se efectúan en *dos*, formándose en la primera etapa un neutrón (n_0^1) y un isotopo inestable de fósforo o nitrógeno radiactivos, isotopo que, emitiendo luego un electrón positivo (ξ^+), da lugar —en la etapa siguiente— a un isotopo estable del silicio o carbono respectivamente. He aquí la reacción nuclear para el caso del aluminio:



Otro proceso de interés es el que condujo al descubrimiento en 1932, por J. Chadwick, del neutrón, partícula elemental tantas veces aquí mencionada. La reacción nuclear correspondiente:



se utiliza como fuente generadora de neutrones, para lo cual basta encerrar en un tubito de vidrio berilio en polvo y emanación de radio.

El neutrón constituye un eficazísimo proyectil atómico de que dispone el físico, para estudiar los fenómenos de transmutación artificial. Ello se debe a que, esta partícula elemental goza de singulares propiedades, que la diferencian de las otras partículas atómicas hasta ahora conocidas. En efecto; como no posee electrón periférico, ni transporta carga eléctrica alguna, no es repelido por los núcleos y la barrera de potencial que circunda a éstos, no será obstáculo que le impida penetrar en su interior. Contrariamente a los otros agentes de transmutación, los neutrones apenas son detenidos en su marcha por las sustancias pesadas como el plomo, mientras que aquellos cuerpos (agua, parafina, etc.) en que intervienen elementos ligeros, y sobre todo el hidrógeno, ejercen sobre los neutrones intensa acción frenadora. Semejante propiedad, en apariencia paradójica, es, sin embargo, consecuencia de las leyes elementales del choque elástico, ya que ellas permiten demostrar que, en el choque de dos partículas, la fracción de energía cinética trans-

ferida de una a otra, sólo es considerable, si las masas son casi iguales, en tanto que, si la diferencia es grande, dicha fracción toma valores pequeños.

A su paso por la materia, los neutrones no producen fenómenos primarios de ionización, por no ejercer acción alguna sobre los electrones de la periferia atómica. Cuando entran en colisión con núcleos, los neutrones son rechazados por choque elástico, o dan lugar —en choque inelástico— a diferentes procesos de transmutación. El más interesante, para nuestro objeto, es la captura por un núcleo y transformación de éste en un isótopo de masa atómica superior en una unidad; empero, el isótopo formado es *inestable* y, perdiendo un electrón negativo, se convierte en el elemento inmediato superior. El estudio sistemático de esta clase de procesos, llevado a cabo en casi todos los elementos por E. Fermi y colaboradores, puso de relieve el hecho singular de que, el rendimiento aumenta, en forma extraordinaria, cuando la sustancia transmutable se halla disuelta en agua o cuando, entre la fuente neutrónica y la sustancia bombardeada, se interpone parafina u otro compuesto hidrogenado. Esta acción peculiar del agua y las demás combinaciones de hidrógeno se explica, según Fermi, porque, al chocar con los núcleos de hidrógeno, el neutrón es intensamente frenado, aumentando así las posibilidades de transmutación, ya que entonces permanece más tiempo en el entorno próximo al núcleo.

El mismo Fermi y sus colaboradores fueron también los primeros en señalar que, en el bombardeo neutrónico del uranio, parecían engendrarse nuevos radioelementos, que deberían considerarse como *elementos transuránicos*. Se comprende que tal sugerencia provocara vivo interés entre los científicos y que fuera el origen de numerosos trabajos. Al cabo de muchas investigaciones no poco contradictorias, O. Hahn y sus colaboradores lograron demostrar, sin embargo, que —salvo un posible elemento 93— *no existen los transuranos*. En el curso de nuevas investigaciones O. Hahn y F. Strassmann (4) dieron a conocer, en 1939, un tipo de transmutación, diferente por completo de todos los conocidos y que consiste en que, el uranio, bombardeado por neutrones lentos, se *escinde* en dos fragmentos pesados. Entre los productos de escisión identificados por los físicos alemanes, se encuentran isótopos del bario, así como del Kr, Ab, Sr, Y, Xe, Cs, etc. Estos resultados fueron confirmados por F. Joliot, quien, sirviéndose de la cámara de

(4) *Investigación y Progreso*, p. 204, 1940.

Wilson (5), logró fotografiar e identificar las trayectorias de los fragmentos engendrados en la partición nuclear del uranio.

A Joliot se debe también haber previsto que, el fenómeno de la ruptura del núcleo uránico por neutrones (o la del torio por neutrones rápidos), era muy probable fuese de naturaleza explosiva. He aquí el razonamiento, expuesto en breves palabras, que le condujo a semejante consecuencia: Ya se dijo con anterioridad que, entre los isótopos del uranio, sólo el de masa 235 puede escindir-se por choque. Ahora bien, dicho isótopo contiene 143 neutrones, ya que ésta es la diferencia entre su masa y la carga nuclear (92). Admitiendo que los fragmentos producidos sean el isótopo más elevado del bario, Ba₅₆¹³⁸, y el más pesado del krypton, Kr₃₆⁸⁶, resulta que, el número de neutrones suma en ambos 132, inferior, pues, a los contenidos en el núcleo primitivo; dicho en otras palabras, durante el proceso de ruptura *quedaran en libertad algunos neutrones*. Esta previsión de Joliot ha sido confirmada por las experiencias de otros investigadores y, si bien es verdad que, en cuanto al número de neutrones liberados, los resultados no coinciden, lo indudable es que experimentalmente ha sido demostrada su certeza. Pero, si la ruptura nuclear del uranio (o la del torio) por choque neutrónico, deja libres varios neutrones, éstos a su vez podrán romper nuevos núcleos y así sucesivamente; en otros términos, el fenómeno —iniciado por el bombardeo previo— continuará por sí mismo, según un mecanismo en cadena.

La ruptura del uranio da lugar a un desprendimiento enorme de energía, la cual tiene su origen en el hecho de que, siendo la masa del uranio *superior* a la de los fragmentos, la diferencia se convierte (al menos parcialmente) en energía cinética, de acuerdo con las ideas relativistas de equivalencia entre masa y energía. Por diversos medios y en forma concordante, se ha llegado a establecer que, la escisión de cada núcleo U₉₂²³⁶ libera 180 millones de electrón-voltios. Teniendo en cuenta que esta unidad de energía (el electrón-voltio) vale:

$$e. V = 4,80 \times 10^{-10} \times \frac{1}{300} = 1,6 \times 10^{-12} \text{ ergio,}$$

(5) Este dispositivo, valiosísimo en Física atómica, permite fotografiar y, por tanto, hacer *visibles* las trayectorias individuales de partículas con carga eléctrica.

los 180 millones valdrán:

$$1,8 \times 10^8 \times 1,6 \times 10^{-12} = 2,88 \times 10^{-4} \text{ ergio.}$$

Calculemos la energía puesta en libertad, si *todos* los átomos contenidos en 1 gr. del isotopo más ligero del uranio, sufrieran la descomposición. Como en 235 grs. existen —por definición— $6,023 \times 10^{23}$ átomos, en 1 gr. habrá $2,56 \times 10^{21}$, los cuales al romperse liberarán una energía de $2,88 \times 10^{-4} \times 2,56 \times 10^{21} = 7,37 \times 10^{17}$ ergios; cantidad que dividida por $4,18 \times 10^{10}$ (equivalente mecánico de la kilocaloría), da un resultado de 17,6 millones de kilocalorías. Para dar una idea de lo que esta cifra representa, bastará indicar que, si este calor hubiera que producirlo quemando carbón cuyo poder calorífico (por kgr.) fuera de 8.000 kcal., serían necesarias 2,2 toneladas (6).

Pero, interesando sobremanera fijar las condiciones en que el proceso explosivo pueda tener lugar, F. Perrin y S. Fliügge han abordado el cálculo, tomando por base ciertas hipótesis plausibles. Los resultados a que llegan estos físicos cabe resumirlos como sigue: Partiendo de óxido de uranio ($U_3 O_8$) en polvo y suponiendo que la masa de forma esférica y con un foco central emisor de neutrones, esté cubierta por una capa difusora de hierro o plomo y, en fin, que al óxido se añade un 3% de agua, el cálculo muestra que, para conseguir la descomposición explosiva del uranio, la esfera en cuestión debe tener un radio mínimo de 65 cm., a la temperatura ordinaria, o de 80 cm. a 900° C. Por tanto, la realización del proceso exigiría —como mínimo— 4,8 toneladas de óxido, a la temperatura ambiente y 9,0 toneladas, a 900° C. Las cantidades respectivas de uranio metal serían 4,07 y 7,63 toneladas, o bien —teniendo en cuenta que el isotopo U_{92}^{235} existe en cantidad inferior al 1%— las masas de este último, en uno y otro caso, habrían de ser 40,7 y 76,3 kgr. Un cálculo elemental indica entonces que la descomposición explosiva de los 76,3 kgr. desarrollaría nada menos que 1,34 billones de kilocalorías, lo que corresponde al poder calorífico de 168.000 toneladas de carbón. Mas, habida cuenta que una vez iniciado el proceso, se propagará al resto de la masa en pequeñísima fracción de segundo, cabe imaginar los efectos aterradores que, el desarrollo súbito de tanta energía, habría de producir.

Ahora es fácil comprender por qué la llamada “bomba atómica” tiene un poder aniquilador inmenso, siempre y cuando el fundamento de la terrible arma sea el aquí descrito. Desde luego, todo lo conocido

(6) Véase *Investigación y Progreso*, XI, p. 225, 1940.

sobre la cuestión, hasta 1941, autoriza a pensar que el fundamento probable sea el debido a la descomposición explosiva del uranio. ¿Cuál es, sin embargo, el mecanismo real de la “bomba atómica”? El autor de este artículo declara, una vez más, que ignora por completo en qué forma han sido resueltas las inmensas dificultades que, sin duda, han necesitado vencer los hombres de ciencia, a cuya dirección se confió la empresa, tan terrible de consecuencias para la humanidad.

Un asunto de tan vital interés es lógico que haya despertado curiosidad vivísima y que, no obstante el secreto impenetrable que, en torno a él, guarda el Gobierno norteamericano, la Prensa y Radios de todo el mundo lo hayan escogido como tema sensacional y casi diario. Empero, las noticias divulgadas conviene someterlas a crítica prudente y severa, pues, por motivos varios, cabe pensar que muchas de ellas son poco razonables y aún fantásticas. Se dirá que, personas de autoridad máxima han hablado de los gastos ingentes que ha exigido la instalación de las fábricas necesarias para la construcción de la “bomba atómica” y, asimismo, que el tiempo preciso, hasta lograr el resultado, se cuenta por años. Otras noticias, en fin, han informado del uso, como primera materia, de minerales de uranio, que la fabricación de la bomba exigía grandes cantidades de *agua pesada*, que el *ciclotrón* (7) intervenía en el mecanismo de la bomba, etc.

A base de lo expuesto con anterioridad, veamos qué puede aceptarse de tales noticias. Dos cosas esenciales cabe distinguir en la “bomba atómica”: el uranio, cuya escisión explosiva produce la energía inmensa de que hemos hablado, y el proceso nuclear generador de los neutrones que, una vez frenados, inician el fenómeno. Partiendo de un compuesto de uranio, será preciso, ante todo, separar el isotopo de masa 235, tan escaso ya en el uranio de partida; ello significa que las cantidades de mineral deben ser considerables. Pero, a esto se agrega que, la separación de los isotopos, realizable, p. ej., mediante grandes *espectrógrafos de masas* (8), requiere un consumo enorme de energía, ya que

(7) Merced a este dispositivo —verdadero hallazgo maravilloso del norteamericano E. O. Lawrence— se pueden acelerar las partículas cargadas, dotándolas de velocidades enormes. A este efecto, un campo eléctrico alternativo y otro magnético muy intenso, hacen describir a las partículas una serie de semicírculos, cada vez mayores, pero en que la velocidad angular del proyectil atómico permanece constante. Es fácil ver que, al aumentar el radio de los semicírculos, crece paralelamente la velocidad lineal de las partículas.

(8) Estos aparatos —el primero de los cuales fue ideado por el inglés F. W. Aston— se basan en la *focalización* (o reunión en un punto) que producen

en estos aparatos intervienen campos eléctricos y magnéticos potentes. Por lo que se refiere a la fuente neutrónica, imprescindible para iniciar el proceso, cabe utilizar, bien la reacción nuclear entre el berilio y la emanación de radio, bien otra (de mucho mayor rendimiento) basada en la interacción mutua de los *deuterones* (núcleos de hidrógeno pesado), según la reacción nuclear:



Caso de utilizar este último proceso, se justificaría el uso del agua pesada y quizá también el del ciclotrón. Veamos por qué. El agua pesada es necesaria para obtener el deuterio, a partir del cual —por ionización— se producen los *deuterones*, imprescindibles a la reacción nuclear anterior. Digamos de paso que, el agua pesada (D₂O), constituida por dos átomos de hidrógeno pesado y uno del isotopo más ligero del oxígeno, existe siempre en el agua ordinaria —aunque en pequeñísima cantidad— de donde se la obtiene por electrolisis prolongada, hasta que el volumen primitivo queda reducido a una ínfima parte; el residuo líquido es entonces agua pesada casi pura. Como se ve, la preparación de ésta no plantea dificultades especiales, aun cuando necesite un gran consumo de energía eléctrica. Por lo que al ciclotrón se refiere, no sucede lo mismo, pues la complejidad y dimensiones del aparato hacen *difícil* imaginar que pueda intervenir directamente en el mecanismo de la “bomba atómica”. En consecuencia, a menos de haber logrado el medio de conservar el *gas neutrónico* (neutrones *térmicos* o lentos) para ser empleado en el momento oportuno, no se adivina cuál pueda ser el papel del ciclotrón. Por el contrario, apelando a la reacción nuclear del berilio y la emanación del radio, bastará un dispositivo que consienta iniciar la emisión de neutrones en el instante preciso y mezclar al uranio una sustancia hidrogenada (parafina, agua, etc.), que, frenando los neutrones, permita a éstos desencadenar el proceso explosivo. Mas, todo ello —huelga decirlo— son simples apreciaciones del autor, quien no pretende haber desentrañado así, ni mucho menos, el mecanismo de la bomba.

Deseamos concluir el presente trabajo, dedicando unas líneas al tema de la posible utilización, para fines útiles y humanitarios, de la

un campo eléctrico y otro magnético, al actuar —uno tras otro— sobre partículas de igual masa y carga eléctrica, pero de distinta velocidad. Actualmente existen diferentes modelos de tales espectrógrafos, que permiten determinar *masas isotópicas* con extraordinaria exactitud.

energía intratómica. Acerca de ello, la propaganda mundial se ha esforzado recientemente —por razones bien explicables— en presentar las consecuencias tan prometedoras, que tendría para la Humanidad el logro de tal esperanza. Ahora bien, todo proceso técnicamente utilizable implica la existencia de un *mecanismo* que regule el desarrollo de la energía empleada. Ya en 1939, F. Adler y H. von Halban sugirieron el medio de conseguir el control automático de la descomposición explosiva del uranio. Según estos físicos, basta añadir a la masa uranífera —además del agua u otro compuesto hidrogenado— una *pequeña cantidad de cadmio*, elemento químico que muestra la notable propiedad de absorber los neutrones lentos en forma constante, sea cualquiera la temperatura. Añadida la cantidad necesaria de cadmio e iniciado el proceso por el bombardeo neutrónico, el mecanismo en cadena, mencionado en otro lugar, elevará en seguida la temperatura y con ella la velocidad de los neutrones. En su virtud, disminuirán los choques eficaces (ya que los únicos capaces de romper el núcleo uránico son los neutrones lentos) y decrecerá también el número de neutrones liberados. Pero, siendo constante la capacidad del cadmio para absorber estos últimos, se alcanzará muy pronto un régimen de equilibrio, y el proceso se estabilizará a una temperatura, tanto más alta, cuanto menor sea la cantidad de cadmio e inversamente. En la utilización técnica del proceso sucedería, pues, que, al sustraer el calor engendrado, la temperatura del sistema descendería, pero como entonces los neutrones lentos serían otra vez más numerosos, la reacción se aceleraría de nuevo, creciendo así la cantidad de calor y restableciéndose la temperatura. Teóricamente, el proceso continuaría, según lo dicho, a temperatura casi constante y hasta agotar la masa de uranio.

Otro aspecto interesante de la cuestión se refiere a las condiciones económicas en que habría de obtenerse la energía intratómica, para ser aprovechable en la industria. Desde luego, mientras no sean vencidas las dificultades de todo orden, que habrán de surgir, hasta lograr la realización de un ensayo práctico, nada es posible anticipar; de todas suertes, por lo dicho con anterioridad, el consumo de energía, para poner en marcha la descomposición explosiva del uranio y el precio mismo de la primera materia, inducen a pensar que el costo sería elevadísimo.

Cierto que, hay la posibilidad —al menos teórica— de que otros núcleos pesados (plomo, bismuto, mercurio, etc.) puedan romperse en forma análoga al de uranio, lo que tendría por consecuencia el poder utilizar una materia de partida *más económica* y, sobre todo, más *abun-*

dante. Las investigaciones efectuadas hasta ahora, en dicho sentido indican, sin embargo, que sólo el *protoactinio* (elemento radiactivo más escaso aún que el uranio) es capaz de romperse en fragmentos pesados. Ello no es nada esperanzador, sin duda, mas confiamos que el progreso científico logre encontrar la solución adecuada. De ocurrir así, ello significaría el comienzo de una nueva era de realizaciones técnicas extraordinarias, frente a las cuales, todo lo conocido ahora sería bien poca cosa.

T. BATUECAS
Catedrático de Química Física de la
Universidad de Santiago de Compostela.

INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS. — ZOOPARASITOS Y
PHYTOPARASITOS EN EL INTESTINO DE LAS
CUCARACHAS

Por MANUEL M^a QUEVEDO SANCHEZ

*“Tal ve un naturalista que un parásito
es de otro más pequeño grata presa
y, que a éste, otro más pequeño le devora
siguiendo al infinito así la cuenta”.*

SWIFT

Este ensayo de investigación acerca del estudio de los zooparásitos y de los fitoparásitos que habitan en el intestino de las cucarachas se originó en el año de 1945 en el Laboratorio de Ciencias Naturales de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad del Atlántico, cuando, al solicitar a los alumnos recolectasen muestras de insectos para las prácticas de laboratorio, con gran sorpresa de mi parte la mayoría presentó como material a estudio cucarachas de los diferentes barrios de la ciudad de Barranquilla; ocasionalmente se practicó un examen microscópico del contenido intestinal de uno de los ejemplares, hallándose en el preparado huevos de *Ascaris Lombricoides*. Esta circunstancia sugirió la idea de iniciar una investigación al respecto cuyos resultados se presentan a continuación.

El trabajo está dividido en dos partes: 1)—Zooparásitos (gusanos, etc.); 2)—Phytoparásitos (especialmente bacilos ácido resistentes, y ácido alcohol acetona resistentes). Esta segunda parte se publicará próximamente en esta revista.

El estudio comprende el examen del contenido intestinal de 3.000 insectos en total, de las ciudades de Barranquilla y Bogotá y de las poblaciones de Ubaque (Cundinamarca) y Ciénaga (Magdalena).

Es nuestro deseo continuar este ensayo con insectos de otras loca-