

La Superbomba de Helio

Por LUIS HURTADO ACERA

Jefe de Laboratorio de la Factoría de San Carlos,
de la S. E. de C. N.

La energía nuclear.

La utilización de la energía que encierran en sí los núcleos de los átomos puede efectuarse fundamentalmente por dos medios: el primero, por la fisión, escisión o ruptura de los núcleos de los elementos más elevados del sistema periódico, es decir, del torio 230, torio 232, protactinio 231, uranio 238, uranio 233, uranio 235 y plutonio 239, por los neutrones rápidos o lentos (método que ya ha sido utilizado con éxito), y el segundo, mediante la fusión, unión o síntesis de los elementos más bajos del mencionado sistema o serie periódica, tales como helio, litio, berilio, boro, etc.; caso este que está en estudio por la nación más adelantada en estas cuestiones de química nuclear, si no es que está ya casi resuelto.

La obtención de la energía nuclear, bien sabido es, está basada en la conocida ecuación de Einstein

$$W = mc^2;$$

es decir, en la transformación de la materia en energía, ecuación que es fácil deducir de otra no menos conocida:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - V^2/C^2}},$$

que en la teoría de la relatividad nos habla de la variación de la masa por la velocidad, y que, como la anterior, han sido confirmadas brillantemente.

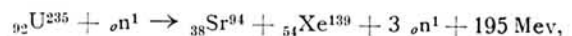
Desde luego, toda energía procede de un aniquilamiento de materia, y si no se había apreciado antes era debido al elevado valor de la velocidad de la luz; y toda materia, a

su vez, es una condensación de energía. Dos facetas de una misma gema, como la onda y el corpúsculo. ¿Qué es lo primordial? ¿Acompaña la onda al corpúsculo, o aquélla crea a éste?

La bomba de uranio.

Sobre la bomba atómica, o, más concretamente, bomba nuclear de uranio o plutonio, pues ambos elementos han sido utilizados, el primero en la de Hiroshima y el segundo en la de Nagasaki, mucho es lo que se ha escrito, con más o menos fortuna (1); así que nos limitaremos a recordar algunos puntos esenciales.

Una de las reacciones básicas de la bomba de uranio es, entre las muchas que en realidad se verifican:



dando lugar a dos núcleos radiactivos negativos, el primero de los cuales, por dos emisiones *beta* sucesivas, pasa a ser un isótopo estable del *zirconio*, así como el segundo de ellos, por tres emisiones, también *beta*, se transmuta en otro isótopo estable del *lantano*. Los tres neutrones expulsados en la fisión provocan a su vez, después de modo

(1) Uno de los primeros trabajos técnicos de vulgarización de la bomba atómica apareció en el mismo mes de agosto de 1945 en la revista "Metalurgia y Electricidad", y otro, también del autor, en la "Revista General de Marina" de diciembre del mismo año, siendo el informe de H. de Wolf Smyth la información oficial más completa, y publicada posteriormente por Espasa-Calpe.

rados por choques elásticos, otras tres escisiones en otros tantos átomos de uranio, y así sucesivamente se produce la reacción en cadena, en una fracción de tiempo que se calcula ser del orden del microsegundo. Una envuelta o coraza de un metal superdenso actúa de reflector de los neutrones impidiendo su dispersión.

Ahora bien: debido a que para producirse la explosión atómica a volumen constante, es decir, sin dispersión, se requeriría que ésta se verificase en un milimicrosegundo, es por lo que se comprende que en realidad en la bomba atómica sólo se logra utilizar en la explosión el 10 por 100 de los átomos de uranio presente, quedando el 90 por 100 restante sin fisionarse; a lo que también contribuye el no poder reunir con la enorme velocidad que se requiere las porciones de uranio que han de superar a la masa crítica, que, como se sabe oficialmente, oscila entre 2 y 100 kilogramos de uranio 235 (supongamos 10 kilogramos).

Los efectos de la bomba atómica son de tres tipos: térmicos, radiactivos y los de la onda expansiva. La temperatura que se desarrolla en la explosión es del orden de la decena de millón de grados Celsius, cosa que más adelante recordaremos; a la milésima de segundo se forma una bola de fuego de 20 metros de diámetro con una temperatura de 300.000° y una luminosidad, a ocho kilómetros, cien veces mayor que la de la 'uz solar en un claro mediodía de verano. La radiactividad producida equivale a la de 1.000 toneladas de radio. Los rayos *gamma* se desplazan a la velocidad de 300.000 kilómetros/segundo, y las partículas nucleares lo efectúan a velocidades comprendidas entre 10.000 km/seg. y la de la luz. La onda explosiva es de gran violencia y se inicia con una velocidad de 1.800 km/hora, notándose sus efectos hasta una distancia de 12 kilómetros. A los cuatro kilómetros su velocidad es aún superior a 100 km/hora. Los efectos destructores, explotando en el aire a una altura de 600 a 700 metros, se pueden resumir diciendo que arrasa totalmente dos kilómetros cuadrados y ocasiona grandes daños en un área de ocho kilómetros cuadrados.

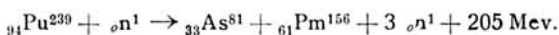
Sobre el poder destructor y eficacia de la

bomba atómica se ha escrito mucho, quizá demasiado, y hasta se ha dudado de su poder. Nosotros sólo recordaremos los 80.000 muertos de Hiroshima y los 40.000 de Nagasaki, con un total de 150.000 heridos, y con relación a los experimentos marino y submarino, de Bikini, diremos que de las 176 cabras, 3.130 ratas, 147 cerdos y 57 cobayas, no quedó uno solo vivo a los treinta días de la explosión. Respecto a los barcos, 200.000 toneladas hundidas es una cifra, y el resto, inhabitable por bastante tiempo, es un resultado.

La reacción de la fisión del uranio que hemos escrito, como ya hemos dicho, es una entre el centenar de las que pueden verificarse y en efecto se desarrollan, pues, según datos oficiales publicados, son más de doscientos los núcleos o nucleídos diferentes identificados (entre ellos, 91 estables) pertenecientes a los elementos comprendidos entre el ${}_{30}\text{Zn}^{72}$ y el ${}_{64}\text{Gd}^{158}$ en el sistema periódico. Además puede ocurrir que la escisión dé lugar a tres o cuatro núcleos, en vez de dos, que es lo más corriente y también ha sido lo más divulgado; en este caso es obvio que las masas de los núcleos producidos son mucho más pequeñas y, por tanto, pertenecientes a los elementos inferiores del sistema periódico, y entre ellos se puede encontrar la partícula *alfa*, o sea, el núcleo del helio. Esto se ha confirmado por experiencias de fisión del uranio llevadas a cabo sobre placas fotográficas de emulsión especial para la investigación nuclear, impregnadas de una sal de uranio y sometidas a la acción de los neutrones. Su examen, posterior al revelado y fijado, con un microscopio y la medida de las trayectorias producidas por la explosión de un núcleo de uranio, permiten llegar a estos resultados.

La bomba de plutonio.

Respecto a la bomba de plutonio, citaremos entre las reacciones que se verifican la siguiente:

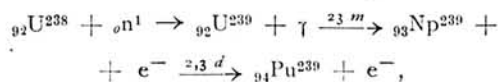


El núcleo de *arsénico* 81 radiactivo pasa a *bromo* estable, por expulsión de dos electrones sucesivos, y el de *prometio* 156 por

tres emisiones negatónicas a *gadolinio* estable.

Como ya hemos dicho, fué de este tipo la bomba lanzada sobre Nagasaki, y parece ser también lo eran las de las pruebas Abie y Baker, en Bikini, pues es más industrial la obtención del plutonio que la separación del isótopo 235 del uranio natural, ya sea por difusión gaseosa o térmica, o bien electromagnéticamente, que fué el utilizado en la bomba experimental de Alamo Gordo y en la de Hiroshima. Respecto al poder destructor de la bomba de plutonio, parece ser algo superior a la de uranio, como se deduce de la reacción transcrita.

Tanto en la bomba de uranio 235 como en la nuclear de plutonio 239, la producción de la energía se verifica instantáneamente, lo que imposibilita su utilización como fuente de energía para la industria, transformándola en térmica, mecánica o eléctrica, pero también es posible su utilización frenando la reacción y regulando la fisión de los núcleos, lo que se efectúa ya hoy día en las pilas atómicas o reactores nucleares con producción de energía térmica, y está en vías de realización para la eléctrica y la mecánica. Un reactor nuclear consiste en esencia en un conglomerado de uranio químicamente puro, cuyos isótopos principales son el 238 y el 235, con grafito también de gran pureza o agua pesada, que actúan como moderadores de la energía cinética de los neutrones, para rebajarla, por choques elásticos a valores "térmicos" (0,04 ev), a los cuales tiene el U 235 la máxima sección eficaz para la fisión (400 barns), mientras que el U 238 los captura y se transmuta en neptunio y plutonio, según la reacción:



elemento este último que también se fisiona, por los neutrones térmicos, colaborando en la producción de energía si no es retirado de la pila para utilizarlo en la bomba atómica. La regulación de la fisión se lleva a cabo introduciendo en la pila pantallas de acero al boro que absorben los neutrones, impidiendo que sea excesivamente violenta la reacción.

El segundo de los medios para liberar la energía intranuclear, como ya señalamos al principio, es opuesto a la fisión, por lo que le podríamos llamar de fusión (en su acepción de fusionar, unir, ligar, y consiste en la formación de un núcleo partiendo de otros más sencillos. Desde luego esto no es ningún descubrimiento de ahora, pues al pensarse, allá por el año 1939, en la utilización de la energía nuclear también se consideró el proceso de *síntesis* a la par que el de *análisis* (permítasenos estas palabras), orientándose en aquel entonces en este último sentido, por aquello de ser una reacción en cadena o automultiplicativa, mientras que los de síntesis requerían una elevadísima temperatura, miles de veces mayor que la que era dable obtener por la técnica de aquella época; pero esto varió esencialmente con el descubrimiento de la bomba atómica (mejor dicho nuclear) que desarrolla temperaturas del orden precisado en las reacciones termonucleares de *síntesis*.

Las reacciones termonucleares.

Para comprender fácilmente el mecanismo de las reacciones termonucleares recordaremos que, según la teoría cinética, la temperatura es el efecto del movimiento desordenado de las moléculas, que a su vez es el resultado de la energía cinética o fuerza viva de las mismas.

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} k T.$$

Ahora bien, esto lo podemos ampliar a los núcleos y a las partículas fundamentales: nucleones (protón y neutrón), mesones, electrones, etc., (2) y en efecto, así lo comprendieron en 1929 R. Atkinson y F. Hourtemans, quienes argumentaron que a temperaturas muy elevadas (en el interior del Sol) la ener-

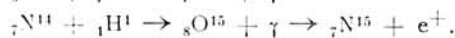
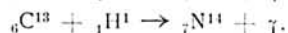
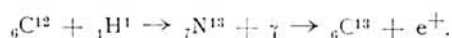
(2) Hoy día aumenta alarmantemente el número de partículas, sospechadas experimentalmente unas y sugeridas teóricamente otras; entre ellas mencionaremos los electrinos, los neutretos o mesones sin carga eléctrica, el electrón neutro, el bineutrón, el protón negativo o antiprotón, el antineutrón, el antineutrino, el gravitón, una gran gama de mesones: *mu*, *pi*, *sigma*, *lambda* y *tau* y los varytrones.

gía cinética de los núcleos desprovistos de los electrones satélites es tan alta que aquéllos pueden hacer el efecto de los proyectiles atómicos en los bombardeos clásicos de la Química nuclear. Se ha calculado que la temperatura correspondiente a la energía cinética de un electrón-voltio es de 11.604° Kelvin, es decir, que en el interior del Sol, donde la temperatura se supone, por otros razonamientos, que es del orden de los 20 millones de grados, la fuerza viva media de los núcleos o partículas allí existentes será de unos 2.000 ev (3). Vemos que estos valores se acercan a los conseguidos por la aceleración en ciclotrones, sincrotrones, betatrones, etc. Ahora bien, en estos aparatos se han conseguido valores de 500 Mev, es decir, equivalentes a temperaturas del orden del billón de grados, pero esto ha sido para fines especiales, y las reacciones nucleares de los elementos primeros en la serie periódica no debemos olvidar que tienen lugar con energías mucho menores del mega-electrónvoltio, y que no es lo mismo atacar un "blanco frío" con proyectiles "calientes", que si ambos están en gran agitación térmica, entremezclándose billones y billones de "blancos" y "proyectiles".

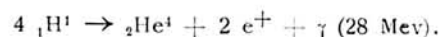
Tampoco debe olvidarse que hemos dicho energía *media*, y que algunas partículas pueden tenerla bastante superior a ella. Por otra parte, estas reacciones exoenergéticas, como las explosivas, sólo necesitan el detonador o cebo, es decir, la iniciación, pues la energía desarrollada las mantiene y auto-propaga hasta su conclusión en una pequeñísima fracción de segundo. *Item* más, a estas temperaturas los núcleos están *desnudos*, es decir, los átomos completamente desprovistos de electrones, y, por tanto, no existen las barreras de potencial. Así es que no es

(3) Damos las principales equivalencias de las unidades de energía utilizadas en Química nuclear: 1 Mev. = $1,602 \times 10^{-6}$ ergios = 1,074 UM; 1 UM = 931 Mev = $1,49 \times 10^{-3}$ ergios; 1 ergio = 671 UM = $6,24 \times 10^7$ Mev; 1 gr. = $8,9866 \times 10^{20}$ ergios = $6,03 \times 10^{23}$ UM. *Obsérvese que este último número es precisamente el número de Avogadro y también, por tanto, el número de nucleones contenidos en un gramo de cualquier especie química, simple o compuesta y por tanto de cualquier substancia o materia aunque sea mezcla o agregado.*

de extrañar que a temperaturas del orden de la centena del millar de grados, se inicien algunas reacciones termonucleares, y que con temperatura de decena de millones de grados, el Sol está suministrando desde hace miles de millones de años, cuatro millones de toneladas de energía por segundo, gracias al ciclo núcleo-catalítico del carbono-nitrógeno y cedidas por la transformación del hidrógeno en helio:



reacciones que se pueden reducir a una:



La bomba de helio.

Veamos ahora las posibilidades teóricas para obtener la bomba de hidrógeno o superbomba de helio, pues así pudiera también llamarse. El helio es el segundo elemento químico de la serie periódica: un gas noble, sin apetencias químicas para combinarse con otros elementos, y cuyo núcleo, llamado *helión* o partícula *alfa* es una de las combinaciones más estables de los nucleones, dado que la energía que los une alcanza el valor de 28 Mev.; es decir, siete millones de electrónvoltios por nucleón, pues está constituido por dos protones y dos neutrones.

Entre las reacciones nucleares que dan lugar a la formación del helio, mejor dicho, a los isótopos del helio, pues en verdad hay cuatro, de masa 3, 4, 5 y 6 (los dos primeros estables y los dos segundos radiactivos de muy pequeño período), si bien el helio por antonomasia es el de masa cuatro, figuran las siguientes reacciones, que son las más exoenergéticas:



Podríamos escribir dos reacciones más, pero son menos energéticas, pues dan lugar al helio de masa tres, y también podíamos ampliarlas con las que forman el helio cinco y seis, pero no es necesario, pues indudablemente, entre las ocho transcritas está la de la superbomba.

Vamos ahora a considerar los elementos reaccionantes. Vemos que hay tres isótopos del hidrógeno: el *protio*, de masa uno y que es el principal constituyente del hidrógeno químico, que todos hemos estudiado; el *deuterio*, de masa dos, también llamado hidrógeno pesado, y que forma parte del agua pesada, aquel compuesto en el que los Comandos británicos tenían puestos los ojos, por su relación con la bomba atómica, y el *tritio*, isótopo de masa tres que se obtiene, por ejemplo, bombardeando el litio seis por neutrones, en el *Argonne National Laboratory* y en las pilas atómicas con moderador de agua pesada, por la acción de los mismos sobre el deuterio, este último isótopo es radiactivo *beta* con un período de 12,1 años (no 31 años como se creía antes y aún hoy se ve escrito). El otro elemento es el litio, ese metal alcalino, tan blando que lo raya la uña y el más ligero de los cuerpos simples, sólidos y líquidos, pues tiene de densidad poco más que la mitad de la del agua, y cuyo gran calor específico unido al bajo punto de fusión hacen que se emplee en las válvulas huecas de los motores de Aviación, para su refrigeración. Está constituido el elemento natural por dos isótopos estables: el de masa seis (7,3 por 100), y el de masa siete (92,7 por 100); también se ha conseguido la formación del litio ocho, radiactivo *beta* de 12 Mev. de energía y de 0,89 segundo de período. Pues, bien, estos dos elementos, el hidrógeno y el litio, pueden ser los constituyentes de la bomba de helio, pero hay más, puede que ambos estén ya combinados químicamente en forma de hidruro de litio LiH , ese compuesto cristalino, de color blanco azulado, cuya densidad es tan solo de 0,82, y que, como otros hidruros, se descompone por el agua desprendiendo hidrógeno. Claro es, que en realidad hay seis hidruros: ${}^6\text{LiH}$, ${}^6\text{LiD}$, ${}^6\text{LiT}$, ${}^7\text{LiH}$, ${}^7\text{LiD}$ y ${}^7\text{LiT}$, teniendo en cuenta los cinco isótopos de los dos elementos (el ${}^8\text{Li}$ es muy inestable). Pues bien, este

sencillo hidruro de litio siete, de acuerdo con la ecuación [6] y calentado a suficiente temperatura (20 millones de grados, podemos calcular con Atkinson y Houtermans), temperatura que puede suministrar la bomba nuclear de uranio o plutonio, utilizada como detonador y sumada su enorme energía (83.000 millones de julios por gramo de uranio fisionado) a la aún más enorme cantidad de 220.000 millones de julios por gramo de hidruro de litio, daría lugar a una formidable bomba nuclear, que con sólo un kilogramo de uranio utilizado y otros 10 kilogramos de hidruro de litio desarrollaría la colosal energía de 2.300 billones (4) de julios, que suponiendo se desarrollen en un microsegundo, supone la inconcebible potencia de 2,3 trillones de kilovatios, o sean 550.000 trillones de kilocalorías, o en kw/h., que ahora están de moda, 640 billones.

La bomba de tritio.

Con lo que hemos escrito sobre la superbomba de helio, no creemos haber "descubierto" el secreto de ella, sino dar una sencilla idea sobre una de las reacciones posibles. Vamos ahora a seguir, en el mismo tono, con otra reacción también muy probable; nos referimos a la de tritio y el hidrógeno [1], mejor dicho, el protio. En esta reacción la energía desarrollada es, en números redondos, de 20 megaelectrónvoltios, y como sólo toman parte cuatro nucleones, corresponden a cada uno cinco Mev.; ahora bien, si recordamos que en la reacción de la bomba de uranio se producen 195 Mev., y figuran en ella 236 nucleones, solamente se distribuyen 0,83 Mev. por nucleón, es decir, seis veces menos energía, y, por tanto, la bomba de tritio, a igualdad de peso, tendrá una potencia seis veces la de uranio, y por lo mismo, mayor que la de hidruro de litio, que, como ya hemos visto, es dos veces y media más potente que la de uranio, a igualdad de masas. Si la bomba de hidruro de litio que anteriormente hemos "proyecta-

(4) Nos referimos al billón y trillón europeo (10^{12} y 10^{15}), pues es sabido que, en cambio, en los Estados Unidos se denominan así al millar de millón y al billón (10^9 y 10^{12}).

do" resulta en realidad 26 veces más potente que la clásica de uranio, es obvio que es debido a que la carga de hidruro es diez veces mayor que la de uranio.

Si efectuamos con este tipo de bomba de tritio los mismos cálculos y razonamientos que hicimos antes con la de litio, y tenemos en cuenta que la carga de tritio e hidrógeno podemos aumentarla cuanto queramos (como también podíamos haber hecho con la de hidruro de litio), pues ésta es la "ventaja" que tiene la nueva bomba sobre la de uranio, ya que, como es bien sabido, la masa aislada de uranio 235 no puede exceder de cierto tamaño crítico (pues entonces explotaría sola, ya que siempre hay algún neutrón errante), y esto dificulta el poder acoplar grandes cantidades de él dentro de la bomba, veríamos en dicho cálculo que la energía y la potencia de la bomba se multiplicaba por 10, 100 ó 1.000; es decir, no tendría más límite que el de la técnica de la bomba en sí y el del "capricho" de su constructor (5). Por ejemplo, una bomba de tritio,

que sólo encerrase un kilogramo de este elemento, acompañado de los 10 kilogramos de uranio (de los que sólo se fisiona uno), tendría una potencia análoga a la de 140.000 toneladas de trinitrotolueno, es decir, siete veces más que la misma bomba sin el tritio, o sea la clásica bomba de Hiroshima.

Respecto a la potencia destructora de las nuevas bombas, diremos que una "modesta" de ocho veces la potencia de la de uranio es capaz de asolar totalmente 8 kilómetros cuadrados y causar graves daños en 32 kilómetros cuadrados, y otra mil veces más potente que la ya "antiguada" atómica, 200 kilómetros cuadrados y 800 kilóme-

tros cuadrados, respectivamente, lo que supone un radio máximo de acción de 3,2 kilómetros y 16 kilómetros para ambas bombas. Para dar estas cifras hemos partido de la base de que el radio de acción es directamente proporcional a la raíz cúbica de la potencia de la bomba y que el radio de la zona de daños graves sea el doble que el de la de aniquilamiento.

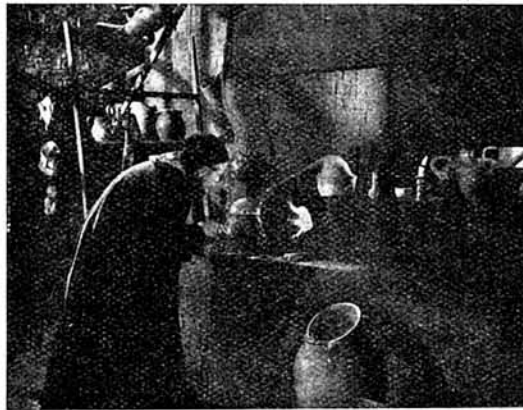
Con relación a la radiactividad de la bomba de helio, hemos leído en algún trabajo que no la ocasionaría, pero nos parece de un optimismo infundado, pues siempre daría lugar a la de la bomba de uranio que implícitamente tiene que tener, a más de que no todo el tritio se consumiría en la reacción,

y este cuerpo es fuertemente radiactivo, y lo que es aún peor, de período bastante largo, por lo que sus efectos serían muy duraderos y casi imposibles de contrarrestar.

Referente a las pruebas efectuadas en el atolón de Eniwetok nada podemos decir por el silencio que se guardó sobre ellas. ¿Fueron ensa-

yadas superbombas de plutonio o, por el contrario, se experimentó sobre bombas nucleares de mínima carga, propias para objetivos reducidos? ¿Se trató de ensayos previos sobre la bomba de hidrógeno o de helio, según prefiera llamarse? Nada sabemos en concreto, repelimos, y sólo el tiempo permitirá despejar esta incógnita.

En fin, que Dios quiera que esta "receta" para "fabricar", sobre el papel de una mesa, superbombas de hidrógeno, tritio o helio no pase de ahí, y que la intolerancia, la perfidia y la violencia abandonen este globo terráneo para dar paso a la tolerancia, la lealtad y a la justa razón, pues, en verdad, esta nueva manifestación de la energía nuclear no tiene, por ahora, aplicación en la paz y la vida cotidiana, como puede tenerla, y la tendrá, la fisión del uranio en las "pilas" o reactores nucleares.



(5) Veintiuna toneladas pesaba la bomba utilizada por la Aviación norteamericana en la prueba "Muroc". Tenía 8,15 metros de largo y 1,37 metros de diámetro.