

DE LA POLVORA NEGRA A LA BOMBA ATOMICA

POF FERRUCCIO LOLLI

¡1914! ESTALLIDO DE la Guerra. Comienza la locura colectiva que envuelve a toda la humanidad. Truenan los cañones! Tabletean las ametralladoras! Silban los proyectiles! Destrucción, muerte, lágrimas! 1915, 1916, 1917, 1918! Por fin la esperada paz, la tranquilidad, la alegría! Pasan los años rápidamente, y el hombre espera que la guerra 1914-1918 haya sido la última. Ha dejado muchas trágicas huellas. No podría soportar más otras ferocidades, otros dolores, otros llantos. Pero lo ineludible está en asecho.

1939! Otra vez es el cañón que truena, la ametralladora que tabletea, el proyectil que silba, el gas que asfixia y envenena, la bomba atómica que destruye. No es más el hombre quien manda: es la perfección del explosivo devastador lo que se impone, es la química al servicio de Satanás la que dicta su ley de sangre y muerte. Pero se debe eso a un aumento de la maldad humana o a una inevitable ley de progreso y de perfeccionamiento a la cual la humanidad debe obedecer por las crueles y dolorosas enseñanzas de la historia? A tan trágico interrogante no puedo dar respuesta.

La ciencia de los explosivos se basa en principios teóricos que abarcan la física y la química. Se llama *sistema explosivo* cualquier sistema formado por una o más substancias capaces de sufrir una transformación química con desarrollo de gases y de vapores, el todo acompañado por efectos mecánicos.

La *reacción explosiva* es el paso del equilibrio inestable en que se hallan las moléculas que componen el sistema, al equilibrio estable por una causa exterior bien determinada.

El primer sabio que dio una teoría completa del fenómeno de la explosión fue Marcel Berthelot, aunque antes se habían descubierto muchos explosivos. Desde 1250, año en que Bacon y Bertoldo Schwarz inventaron la

pólvora negra, hasta principios del siglo XIX, ésta fue la única sustancia explosiva usada en la práctica.

En 1788 Berthollet descubrió el clorato de potasio, pero a causa de graves accidentes fue abandonado hasta el siglo XIX.

En 1830 Braconnet y Pelouze estudiaron la acción del ácido nítrico sobre el almidón y la madera, pero no supieron realizar técnicamente los resultados teóricos que habían alcanzado.

Los años 1846-47 marcaron el comienzo de los grandes descubrimientos de explosivos como el algodón de colodión y la nitroglicerina. Esta fue descubierta por el profesor Sobrero de la Universidad de Turín, mas por su gran inestabilidad y su fuerte poder explosivo no habría podido tener aplicaciones prácticas si el sabio sueco Alfredo Nobel no hubiera preparado la *dinamita* empastando la nitroglicerina con el 25% de una tierra de infusorios: el *Kieselgur*. A este descubrimiento casual siguen otros por parte de Nobel, como la gelatina explosiva, obtenida disolviendo la nitroglicerina en el algodón de colodión; y la cápsula de fulminato de mercurio para iniciar la explosión de la nitroglicerina y de sus derivados. La dinamita y la balistita son los precursores de la pólvora sin humo usada en las guerras: su nombre deriva del hecho de que arde progresivamente sin humo y sin dejar residuos.

El siglo XIX, que dio también a la industria bélica el ácido pícrico y el trinitrotolueno (T. N. T.), usado para llenar bombas y torpedos, fue muy fecundo en esta rama de la química; pero el siglo XX puso al servicio de Marte los explosivos más crueles: los gases asfixiantes usados en la primera guerra mundial (1914-1918), y la bomba atómica, de los cuales voy a dar breves nociones al final del presente artículo.

Los hechos fundamentales para el estudio de las sustancias explosivas se basan sobre la determinación de varias constantes, como la onda explosiva, el calor, la temperatura, la presión de explosión, el potencial de los explosivos, el volumen de los gases que se desprenden, etc.

Estudiando la manera de propagarse de la onda explosiva, se puede admitir la existencia de una nueva especie de vibraciones en relación con la constitución química de las sustancias explosivas. La onda explosiva, por tanto, se propaga por causas químicas y físicas, mientras que en las otras formas de vibraciones tiene solamente influencia la distinta longitud de onda, o sea la diferente energía física. Aunque haya un parecido entre las ondas sonoras y las explosivas, se observa una gran diferencia entre las velocidades de propagación, teniendo las primeras la velocidad de 500 metros

por segundo en la mezcla detonante de hidrógeno y oxígeno, y las segundas de 2.800 metros.

El cálculo de la cantidad de calor desarrollado en la explosión se puede efectuar conociendo los productos de la reacción explosiva, sea a presión como a volumen constante. Cuando se conoce con precisión la ecuación de descomposición de la mezcla explosiva, es fácil calcular el calor molecular de formación de la sustancia y de los productos que se forman en la explosión. Si se indica con Q la cantidad de calor desarrollada y con C' y C'' los calores de formación de la sustancia explosiva y de los productos de la explosión, se obtiene Q igual a C' menos C'' . El calor desarrollado mide el trabajo máximo que puede efectuar la sustancia explosiva cuando la descomposición se origina a la presión atmosférica: multiplicando esta cantidad por el equivalente mecánico del calor, se obtiene el trabajo expresado en kilográmetros.

En los fenómenos explosivos las temperaturas que se desprenden son elevadísimas, pero es muy difícil determinarlas directamente, ya que los materiales con que se construyen los pirómetros pueden fundirse; además los aparatos no tienen la sensibilidad suficiente para registrar los aumentos de temperatura que se verifican con extraordinaria rapidez. Por lo tanto, hay que hacer un cálculo indirecto aplicando la fórmula t más Q sobre c ; es decir, la temperatura, t , que se desarrolla en una explosión, se obtiene dividiendo la cantidad de calor, Q , por el calor específico medio, c , de los productos de la explosión. Aplicando esta fórmula a la nitroglicerina, se observa que este explosivo desprende la temperatura de 3.155 grados centígrados.

La velocidad con la cual se propaga la explosión durante una transformación química determina la naturaleza de los efectos prácticamente útiles en una sustancia explosiva, ya que si la reacción es muy rápida, la máxima parte del calor desarrollado puede calentar los gases y aumentar la presión; y si es lenta, se observa una gran pérdida de calor por irradiación.

La propagación rápida de la explosión determina efectos particulares que, transformándose en trabajo, originan la ruptura y la proyección de cuerpos cercanos: tales son los efectos de los explosivos que determinan detonación.

La presión tiene un papel importantísimo en la manera de propagarse la explosión; en efecto, para que se desarrolle una reacción explosiva, es indispensable la presencia de un trabajo preliminar capaz de dar una temperatura inicial a la sustancia explosiva. En un sistema explosivo, químicamente homogéneo, *la velocidad molecular de la reacción aumenta con la temperatura*, es decir, con el aumento de ésta el sistema tiende hacia un estado de equilibrio.

Uno de los explosivos más interesantes es la nitroglicerina, la cual debe ser preparada con gran cautela para evitar, durante el proceso de fabricación, un aumento de temperatura que pueda originar una explosión repentina.

La nitroglicerina no se usa solamente como un instrumento de destrucción y de muerte. La medicina ha sabido utilizarla por su propiedad de vaso dilatador. Por tanto, es muy útil en el tratamiento de la angina de pecho en dosis de pocos miligramos, ya que en cantidades mayores sería fuertemente tóxica.

Para favorecer la explosión de los grandes explosivos, se usan los fulminantes o detonadores (por ejemplo, el fulminato de mercurio), a causa de la sensibilidad que tienen en descomponerse fácilmente por acción del calor o del choque. Es todavía un poco elemental la medida de la potencia de los fulminantes: un método bastante empírico consiste en hacer estallar el detonador en una bomba llena de cascajos; después de la explosión se observa lo que pasa a través de un tamiz de mallas muy delgadas; la cantidad de sustancia que lo atraviesa y que, por consiguiente, ha sido desmenuzada, indica, empíricamente, el poder del detonador.

Durante la primera guerra mundial (1914-1918) el perfeccionamiento de los explosivos, parece tener su cumbre con el uso de los gases asfixiantes, aunque muchos historiadores afirman que, desde la más remota antigüedad, el hombre hacía uso de gases y vapores para combatir al enemigo. Se admite que la primera idea de utilizar humos dañosos para obligar al enemigo a abandonar sus defensas, deriva del artificio usado por los cazadores de quemar leña húmeda en la entrada de las cuevas en donde estaban las fieras. Si antaño era solamente una astucia para obligar al adversario a una pelea frente a frente, en la guerra moderna se ha transformado en una de las armas más terribles.

Los primeros compuestos irritantes se desarrollaban quemando varias sustancias, como brea, alquitrán, grasas animales y resinas; luego se usaron gases nocivos y tóxicos producidos por el azufre y el arsénico.

Parece que en las guerras de Roma se usaron humos irrespirables; Livio describe que en el sitio de Ambracia (187 a. C.) los romanos excavaron galerías para combatir al enemigo; y después que el éxito de la batalla era incierto, los sitiados pudieron producir en las galerías de los romanos humos nocivos, capaces de hacer huir al enemigo.

Qué era el terrible "fuego griego" sino una mezcla de petróleo, brea, resina y azufre que se arrojaba por medio de tubos contra el adversario?

El árabe Hassan Abrannah en su Tratado de la Guerra, escribe sobre los efectos de los gases venenosos obtenidos mediante la combustión de sus-

tancias que contenía opio y arsénico. También Leonardo de Vinci sugiere el uso de vapores arsenicales contra enemigos encerrados en castillos. Leonardo Fioravanti, médico y escritor boloñés, da unas fórmulas de "fuegos infernales" obtenidos mezclando trementina, azufre, estiércol y sangre, de olor tan nauseabundo que imposibilitaba la permanencia en los lugares a donde se arrojaban.

Neblinas artificiales fueron usadas por Carlos XVII de Suecia para ocultar al enemigo el paso de sus tropas a través de un río.

Napoleón III en 1865 ensayó en perros proyectiles cargados de gases asfixiantes. Pero su uso fue considerado demasiado salvaje y por eso abandonado.

La conflagración mundial de 1914-1918 dio comienzo al principio científico de la guerra química usada por todos los beligerantes que buscaban cada día perfeccionarse técnica y tácticamente.

El primer gas empleado fue el cloro en forma de nube: al cloro siguieron otros compuestos que tenían un fuerte poder irritante y lacrimógeno, como la bromo-acetona, la yodo-acetona y otros. En 1916 se usa el fosgeno, luego los compuestos del ácido cianídrico, ambos de acción fuertemente tóxica. En el 17 se emplea por primera vez la *Yprita* (sulfuro de etilo diclorurado) que tiene una particular acción sobre la piel, determinando la formación de ampollas que paulatinamente van agrandándose hasta la caída de la parte afectada.

La expresión "gas asfixiante" no es exacta, sea del punto de vista físico o del biológico. En efecto, con excepción del cloro, ninguno de estos compuestos puede considerarse un gas, ya que la mayor parte de ellos son líquidos, y unos sólidos en las condiciones normales de temperatura. Respecto a la acción biológica, deberían llamarse "asfixiantes" solamente los gases que determinan muerte por asfixia. Al contrario, en el mayor número de los casos no se observan trastornos respiratorios sino otros sumamente complejos.

Sería, por tanto, más lógico dividirlos en:

- a) Lacrimógenos (bromo-acetona, cloro-acetona, acroleína, etc.)
- b) Estornudatorios (arcinas).
- c) Asfixiantes (cloro-fosgeno, etc.)
- d) Vejigatorios (Yorita y lewisita).
- e) Tóxicos del sistema nervioso (ácido cianídrico y sus derivados).
- f) Tóxicos de la sangre (óxido de carbono).

El primer ataque con gases fue usado en 1915 con formación de una nube artificial en la cual los gases más pesados que el aire quedaban a flor

de tierra; el enemigo, cogido por sorpresa, sufrió una fuerte derrota y dejó en el terreno en pocos momentos más de cinco mil muertos.

Estas nubes eran producidas arrojando el gas de aparatos especiales puestos en trincheras de primera línea. Pero, después de poco tiempo, los proyectiles de artillería y las bombas de los aviones se llenaron de estos gases que, lanzados contra el adversario, podían determinar efectos *inmediatos* y *tardíos*.

Los inmediatos tienen acción cáustica local sobre el protoplasma celular, al que sigue la necrosis del tejido y acción tóxica por la penetración del veneno en la sangre.

Los efectos tardíos o consecutivos de los inmediatos, pueden ser: alteración en la composición de la sangre, reabsorción de productos celulares necróticos, trastornos del metabolismo general, alteración de la función tiroidea y de las glándulas de secreción interna.

En este breve estudio quiero dar al conocimiento del lector unos gases usados en la primera guerra mundial.

El primero fue el cloro, que, con el fosgeno, representa el prototipo de los asfixiantes por su acción sobre el sistema respiratorio. Es un gas amarillento que licúa bajo la presión de 16 atmósferas. Por el hecho de ser 2.5 veces más pesado que el aire, fue considerado un válido agresivo químico, ya que, arrojado en forma de nubes que el viento transportaba, invadía las trincheras adversarias.

El Cloro es un veneno tan fuerte que es suficiente el uno por ciento (1%) en el aire para determinar la muerte. La inhalación de este gas determina ardor en la garganta, tos, asfixia, afonía, bronconeumonía, edema pulmonar. Mucho más peligroso es el fosgeno, combinación del óxido de carbono con el cloro; su nombre indica su origen en presencia de luz, pero no contiene fósforo como comúnmente se imagina en base al nombre. Es un gas sin color, de olor desagradable, que al contacto con el agua se descompone en ácido clorídrico y anhídrido carbónico. El fosgeno es uno de los gases más mortíferos debido a su poder tóxico y asfixiante; por su gran densidad queda bajo forma de nube a ras del suelo. El hombre, afectado por la inspiración del fosgeno, siente al principio ardor en la garganta, estímulo de tos, vómito y dolores gástricos. Si se alejaba el soldado del ambiente en que había fosgeno, los síntomas se eliminaban, y parecía que el peligro hubiera definitivamente pasado. Desgraciadamente, después de unas horas comenzaban a manifestarse las primeras molestias del aparato respiratorio determinadas por el edema pulmonar que se estaba formando. El

sistema cardio-vascular quedaba afectado; la sangre se volvía oscura y espesa, ya que gran parte del plasma trasudaba a los pulmones, la tos continuaba, y el esputo se volvía negruzco y espumoso. El aspecto del enfermo era impresionante. Después de pocas horas de inspiración del gas, sobrevienta la muerte a causa del edema pulmonar.

Uno de los gases que ha determinado los más terribles perjuicios fue la Yprita que, químicamente, es sulfuro de etilo biclorurado ($\text{Cl}_2 \text{ C}_2 \text{ H}_8 \text{ S}$); es un líquido aceitoso, denso, insoluble en el agua y muy soluble en los líquidos (grasos). Una propiedad importantísima es la de ser hidrolizable, es decir, de ser descomponible por acción del agua con desprendimiento de ácido clorídrico. Los síntomas generales de los "Ypritados" son: vómito, jaquecas, ardor en los ojos con consecuente fotofobia. Después de uno o dos días el enfermo tiene ronquera, tos, se forman lesiones broncopulmonares y disfuncionamiento del aparato digestivo. La piel sufre dolorosos efectos, parecidos a los de una fuerte ustión. Todos estos efectos se explican por ser la Yprita, como dije antes, soluble en las grasas e hidrolizable.

Por tanto, puede penetrar en la célula y al contacto con el agua del protoplasma se descompone, libertando ácido clorídrico capaz de determinar efectos inflamatorios y destructivos de la célula, con graves alteraciones del metabolismo.

Abril de 1945! Una noticia estremece al mundo entero: Una bomba atómica de reciente construcción ha sido experimentada con resultados infernalmente dantescos.

El hombre es dueño ahora de una energía casi incalculable, en comparación a la cual el petróleo, la hulla, la electricidad, fuentes de maravillosas energías, son pigmeos que un gigante eclipsa.

Con el fin de explicar los principios de la bomba atómica, que debería llamarse propiamente "bomba nuclear", debo dar un rápido vistazo a la radioactividad y a la constitución del átomo.

En un artículo anterior expliqué que el radio emite radiaciones, cuyo estudio voy a repetir en pocas palabras por la gran importancia que tiene. Las emanaciones desprendidas constituyen variedades de rayos llamados alfa, beta y gamma. Los primeros, desviados por acción de un campo eléctrico o

magnético, son partículas cargadas de electricidad positiva, y se determinó que están constituidos de átomos de helio con dos cargas elementales positivas, o sea, como explicaré luego, de núcleos de helio. Por tanto, tales rayos son trayectorias recorridas por estos corpúsculos. Los beta, también desviados por un campo eléctrico o magnético en sentido opuesto a la desviación que sufren los rayos alfa, están constituidos de electrones (los cuales prácticamente no pesan, ya que su masa es la 1 sobre 1.845 parte de la masa del hidrógeno; por fin los rayos gamma no desviados, que son radiaciones de tipo ondulatorio de alta frecuencia, parecidos a los rayos X. En consecuencia, el radio y todos los elementos radioactivos pueden desintegrarse por emisión de uno de estos rayos; se comprende, por tanto, cómo se ha podido pasar del radio al plomo por pérdida de rayos alfa y beta.

Estudiada esta desintegración natural, no debía resultar imposible producirla artificialmente.

Un átomo, al desintegrarse, origina un nuevo átomo y partículas cargadas de electricidad, como los rayos alfa (que, repito, son átomos de helio con dos cargas positivas) y los rayos beta (electrones). También el nuevo átomo se desintegra, y se puede pensar que si así continuara, los átomos se transformarían en cargas eléctricas. Por consiguiente, éstas son las constituyentes del átomo.

Repitiendo un paralelo ampliamente conocido, se puede comparar el átomo como un sistema planetario: al centro se halla un núcleo cargado de electricidad positiva, alrededor del cual gravita cierto número de electrones cargados negativamente, que tienen un movimiento de rotación muy rápido como planetas alrededor del sol. Los átomos de los diferentes elementos difieren entre sí por la estructura del núcleo y por el número de electrones que gravitan a su alrededor, llamado "número atómico". Pero ya que esos electrones tienen una masa infinitesimal, se puede considerar que *la masa del átomo, o sea el peso atómico, está en el núcleo.*

El más sencillo de todos los átomos es el del hidrógeno, el cual se compone de un núcleo llamado *protón* y de un electrón; por lo que dije antes, el protón tiene peso 1, ya que 1 es el peso atómico del hidrógeno, y también carga positiva 1. Esto se explica fácilmente: el átomo es neutro; si el hidrógeno tiene un electrón negativo, el protón, para neutralizarlo, debe tener una carga positiva. Y así en todos los elementos la suma de las cargas positivas del núcleo debe ser igual a la suma de las cargas negativas de los electrones.

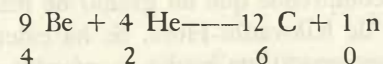
En los núcleos de los varios átomos se hallan núcleos de helio y núcleos de hidrógeno, o sea protones que, como expliqué antes, tienen peso 1 y carga 1. Examinemos entonces cómo son los núcleos de dos elementos muy importantes: el helio y el uranio. El uranio tiene peso atómico 238 y número

atómico (que se indica con la letra *Z*) 92. La masa está en el núcleo; por ende, debería tener 238 protones, o sea 238 cargas positivas. Sería un error, porque siendo 92 las cargas negativas, las positivas deben ser iguales, ya que el elemento es neutro. La cuestión fue brillantemente resuelta por el físico inglés Chadwick, quien admitió la existencia en el núcleo de partículas llamadas *neutrones* de peso 1 como el protón, pero sin carga eléctrica. Por tanto, el uranio tendrá 92 protones que neutralizan a los 92 electrones y $238 - 92 = 146$ neutrones. Es decir, si *A* es el peso atómico y *Z* el número atómico, tendremos siempre *Z* protones y $A - Z$ neutrones.

Veamos otro núcleo muy importante: el helio. Este tiene peso atómico 4 y número atómico 2; es decir, dos electrones. De modo que el núcleo debe tener 2 cargas positivas suministradas por 2 protones que, además de la carga, pesan 2. Pero ya que el peso debe ser 4, hay que agregar 2 neutrones que no influyen sobre la carga eléctrica.

Explicada la existencia de los neutrones, se comprende cómo si se quita o se da uno de estos corpúsculos a un átomo, varía el peso mas queda invariable el número atómico. Se obtienen de tal manera elementos que tienen el mismo número atómico pero diferente peso. Tales elementos se denominan "isótopos", los cuales tienen propiedades radioactivas.

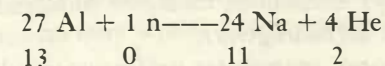
Los neutrones que se indican con *n* se pueden obtener haciendo reaccionar helio, es decir, partículas alfa sobre berilio en polvo según la reacción:



(Los números de arriba indican el peso atómico, los de abajo el número atómico).

Dichos neutrones no tienen carga eléctrica, de manera que no son repelidos por los núcleos cargados positivamente. Por tanto, tienen una acción mucho más fuerte que la de las partículas alfa, y más todavía cuando los neutrones disminuyen su velocidad pasando a través de bloques de parafina o de otras sustancias hidrogenadas.

Un ejemplo de bombardeo efectuado por los neutrones es la siguiente transformación del aluminio:



El elemento obtenido es un isótopo del sodio, llamado radio sodio por sus propiedades radioactivas (indicadas con un asterisco); como se observa, el número atómico no varía siendo 11 como el del sodio, mientras que se observa aumento de peso atómico.

Los resultados de la descomposición del átomo representan una conquista teórica y práctica: en efecto, los elementos radioactivos artificiales pueden ser empleados en terapéutica en reemplazo de los costosísimos productos radiactivos naturales.

Parecía que el triunfo de la ciencia hubiera llegado a su cumbre, cuando la explosión de un núcleo superó todos los resultados y se llegó a la Bomba Atómica.

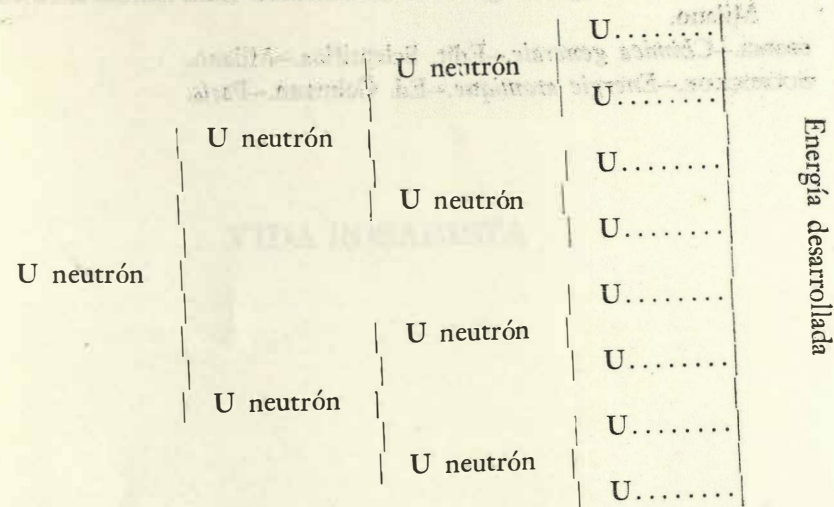
En 1934 el físico italiano Fermi, al bombardear el uranio con electrones había observado emisiones de energía infinitamente superiores a las de todas las otras desintegraciones nucleares naturales o artificiales. Este hecho se debe a dos razones: 1) el uranio, núcleo particularmente inestable, sufre, por el choque electrónico, una división múltiple y compleja, que fue llamada "fisión"; 2) en la fisión se originan *neutrones secundarios* que determinan la explosión de otros núcleos, de los cuales salen más neutrones que desintegran a otros núcleos sucesivos, formando así una cadena con producción de enormes cantidades de energía. Tal energía proviene de la desintegración exotérmica del edificio nuclear; si se considera además la transmutación eisteiniana de masa a energía, se comprende que un gramo de materia que se destruye desprende 25 millones de Kilovatios-Hora. Se ha calculado también que la temperatura puede alcanzar 100.000 grados centígrados y que un kilogramo de 235 U equivaldría a 200.000 toneladas de T. N. T.

Después de los experimentos de Fermi se hallaron 23 elementos procedentes de la fisión, que rápidamente se transforman originando cuerpos estables. En la fisión del uranio se producen elementos transuránicos, como el netunio y el plutonio, el último de los cuales tiene la ventaja de presentar el fenómeno de la fisión por bombardeos con neutrones lentos. En la fabricación de la bomba atómica los dos elementos que más se utilizan son el 235 U y el plutonio. El primero, se aísla del uranio por procesos muy costosos; el segundo, se forma en la fisión del 238 U, del cual se desprenden neutrones cuya velocidad debe ser disminuída mediante moderadores como el grafito y el deuterio (isótopos del hidrógeno).

Se puede, en resumen, representar gráficamente el desarrollo de las varias fases en la Bomba atómica:

Núcleos de Helio (producidos por una sustancia radioactiva natural) a la velocidad de 10.000 Kms. por segundo-----*Berilio* (se des-

prenden neutrones que van a la velocidad de 20.000 Kmts. por segundo-----*moderador de velocidad* (los neutrones golpean al uranio con velocidad reducida)-----



Como se ve, en este proceso de desintegración, que podríamos decir "cariosinético", los neutrones secundarios son proyectiles que crecen en progresión geométrica.

Pero el 2 de febrero de 1952 Fermi comunicó que había cambiado los proyectiles; no serían más los neutrones sino los *mesones*.

En las radiaciones cósmicas se habían descubierto partículas de masa intermedia entre los electrones y los neutrones, a las cuales se dio el nombre de mesones, que pueden ser negativas y positivas y que tienen una vida media de un millonésimo de segundo. Tales corpúsculos fueron encontrados, hace unos meses, en el núcleo; como se ve, los ladrillos del edificio atómico van cada día aumentando. Este hallazgo confirma la teoría del físico japonés Yukawa, quien opinaba que debían existir partículas capaces de ligar en el núcleo los protones con los neutrones.

Qué consecuencia tendrá la bomba nuclear con este nuevo tipo de proyectiles? Un futuro no muy lejano dará la respuesta.

FERRUCCIO LOLLI

Catedrático de ciencias físicas y químicas
en el Colegio Mayor y de Química Orgánica
de la Universidad Nacional

BIBLIOGRAFIA

- GIUA—Lollini.—*Chimica industriale*.—Edit. Utet—Torino.
LUSTIG.—*Fisiopatologia dei gas di combattimento*.—Edit. Istituto siero-terapico.
Milano.
SBORGL.—*Chimica generale*.—Edit. Scientifica.—Milano.
DUCROCKUE.—*Energie atomique*.—Ed. Colmann.—París.

VIDA ROSARISTA