

# EL USO DE LAS FUERZAS ATOMICAS EN EL SALVADOR

Tres informes por el  
Dr. *Emilio Orcitirix Forrer.*

## PRIMER INFORME

Conforme a la fase actual de la física nuclear las fuerzas del núcleo y de las cáscaras interiores del átomo pueden ser aprovechadas por medio de la fisión de átomos pesados o la fusión de átomos livianos. Mientras la última, la fusión, sirve únicamente para fines explosivos, al menos por de pronto, porque el proceso de fusión todavía no puede ser demorado, la primera, la fisión, ya sirve para dos asuntos muy distintos, a saber:

- 1º la producción de energía,
- 2º la producción de sustancias radioactivas.

Estas últimas tienen propiedades y usos muy distintos de sumo valor para el progreso del país. Como ellas pueden ser compradas a varios países ya a precios razonables, su aprovechamiento está independiente de la producción propia de energía atómica.

### 1. LA PRODUCCION DE ENERGIA ATOMICA

Ella presupone 1º para el método de fisión, uranio o torio; para el de fusión, tritio; 2º un reactor adecuado; 3º los hombres aptos para manejarlo.

Es cierto que los Estados Unidos están listos a proporcionar todo esto; pero ya durante el corto tiempo desde el disparo de la bomba de hidrógeno varios nuevos métodos de disparar la energía nuclear fueron descubiertos, que son mucho menos complicados que los originales. Además, la producción de energía eléctrica por la transformación del calor, producido por la fisión o fusión, por medio de turbinas de vapor y máquinas dinamo-eléctricas, no es, según mi parecer, el método adecuado a la edad atómica. Más bien lo ideal será la transformación inmediata del calor en electricidad por pilas termo-eléctricas, cuya esperada invención va a cambiar todo el sistema de la pro-

ducción atómica de energía para la industria, y hacer sobrar la maquinaria invertida.

Estas circunstancias aconsejan no precipitar la adquisición de una pila atómica, tanto más que las presas de Lempa y Güija bastarían para el consumo de electricidad industrial durante varios años, en los cuales también las pilas atómicas sufrirán grandes cambios. Entre tanto la búsqueda de uranio en El Salvador mismo y de torio en el océano adyacente puede ser organizada, y estudiada de fondo la cuestión, cuál clase de reactor corresponda mejor a nuestras propias necesidades y facultades.

La paciencia aconsejada al respecto de la inauguración de una pila atómica no significa la renuncia al aprovechamiento *inmediato* de los desechos atómicos, es decir las nuevas sustancias radioactivas ofrecidas por varios países a precios adecuados, aunque los costos de su transporte acá son diez veces más altos que los precios mismos.

Nuestros ensayos en los próximos años van a determinar, cuáles de ellas serán las más provechosas para nuestro país, y en qué cantidad son necesitadas. Por esto se determinará en parte el tipo de reactor deseado.

## 2. EL APROVECHAMIENTO DE LAS NUEVAS SUSTANCIAS RADIOACTIVAS

Después de soltarse la energía calórica se originan por la fisión de átomos pesados, por la moderación de la velocidad de los neutrones, y también por la fusión de átomos livianos variedades inestables de elementos conocidos, que toman su forma estable por la radiación de cuatro clases de rayos: alfa, beta más y menos, y gama. Sin embargo, su clase, intensidad, alcance, y duración son distintas en cada una de ellas. Distinta es también la frecuencia de su existencia y con eso su precio. De los 101 elementos, conocidos en este momento, hay 273 formas estables y 294 inestables, luego 567 isótopos. El estudio del uso práctico de la radiación de los 294 isótopos inestables será un vasto campo con sorpresas mensualmente nuevas.

Los posibles usos prácticos de los isótopos radioactivos tocan: 1º Agricultura, 2º Ganadería, 3º Sanidad, 4º Nutrición, 5º Civilización Doméstica, 6º Cultura Espiritual.

### 1. AGRICULTURA

Los rayos atómicos tienen la capacidad de cambiar los genes, que determinan las propiedades de las plantas y están repartidas en los cromosomas de los núcleos celulares. La existencia de los millones de especies de seres vivos se deriva del cambio de los genes por la radiación cósmica; la radiación atómica dirigida a las semillas produce las mismas mutaciones, pero en

un tiempo millones de veces más corto. De cien semillas debidamente irradiadas pueden salir cien nuevas especies no menos asombrosas que el plátano desarrollado de una clase de avena por una única acertada irradiación cósmica. Por entre las mutaciones artificialmente originadas el hombre —en este caso la Agronomía en Santa Tecla— habrá de escoger lo bueno conforme sus puntos de vista, por ejemplo: maíz, tomates, algodón, etc., resistentes a enfermedades, fresas, cerezas, etc., que crecen en este nuestro clima, aguacates sin semilla (ya aparecidos en Danlí, Honduras, hace seis años), sunzapotes, etc., que serán dulces y suaves. Lo increíble será posible y va a enriquecer la mesa también del más pobre. Las cosechas van a ser más amplias, y muchas frutas hoy no comestibles, van a aumentar el menú en un futuro cercano. La importancia de la producción de mutaciones no puede ser exagerada.

Además, por reemplazar en las sustancias alimenticias, sean del suelo natural, sean de abonos, los átomos ordinarios por sus isótopos radioactivos químicamente idénticos, se puede establecer, cuáles y cuánto de estas sustancias son absorbidas por las plantas. Su camino en ellas puede ser averiguado por medio de su radiación hasta el punto donde son depositados. Esto permitirá decidir, cuál abono será bueno para determinado suelo o determinada planta. Ya se ha desarrollado un método de medir muy exactamente la cantidad disponible del fosfato en cualquier suelo por medio de fósforo radioactivo.

Debido a tales investigaciones nacerá una ciencia del bienestar y de la enfermedad de las plantas, no menos exacta que la medicina y la veterinaria, cuyos resultados se traducirán pronto en cosechas más amplias de frutos mejores.

## 2. GANADERIA Y 3. SANIDAD

1. Así como en las plantas, también en los animales es posible producir mutaciones por la irradiación, y bien factible en los casos de la inseminación artificial y de aves de corral. Razas, por ejemplo de gallinas o de cerdos, resistentes a ciertas enfermedades hoy ampliamente propagadas, y adaptadas a nuestro clima serán un aporte valioso a la nutrición general.

2. La castración de animales machos y hembras, hoy ejecutada de manera poco satisfactoria, puede hacerse por entendidos por medio de irradiación de una manera incruenta.

3. La triquinosis de los cerdos, enfermedad peligrosísima para el hombre, y sin remedio, puede ser erradicada del país por la irradiación intensa de los cadáveres que deberá hacerse en el rastro de Soyapango.

4. Para combatir la enfermedad del ganado vacuno propagada por la mosca del gusano tornillo, machos de ésta fueron esterilizados por irradiación y expuestos en la isla de Curazao. Dentro de unos meses ellos extirparon

su propia especie, y se acabó la enfermedad. Lo mismo puede ensayarse en este país, aunque El Salvador no es una isla, con muchos otros insectos nocivos al hombre, a animales y plantas.

5. Por irradiación adecuada vendajes y drogas pueden ser esterilizados sin cambio de las medicinas mismas.

6. Pequeñísimas dosis de sustancias radioactivas, en parte ya a nuestra disposición, pueden servir a los médicos para seguir el camino de una medicina, un veneno, una inyección, o de un alimento a través de la circulación de la sangre o la linfa, o de las vías digestivas, y para establecer, dónde se depositan las sustancias no descartadas. Esto tiene no solamente un valor diagnóstico, sino que también permitirá establecer científicamente el efecto corporal de las frutas características del país y el valor de las plantas medicinales en uso popular.

7. Como los distintos tumores, abscesos, glándulas, órganos interiores y huesos se incorporan la mayor cantidad de distintas sustancias inyectadas, su situación exacta puede ser localizada por rotularlas con aquellas sustancias radioactivas que por ellos son atraídos. Además, ciertas glándulas absorben mucha más sustancia radioactiva, cuando son enfermas, de modo que su estado de salud puede ser leído inmediatamente del contador de la radioactividad. Después, otra administración de la sustancia adecuada de radioactividad más fuerte puede destruir el tumor o curar la glándula.

8. Inyección de oro radioactivo es uno de los métodos atómicos para erradicar el cáncer.

#### 4. NUTRICION

Irradiación mata también directamente pequeños insectos y todos los microbios que destruyen víveres de toda clase. En mi opinión debe ser posible construir una cámara esterilizadora al alcance de toda gente, que puede suplantar la refrigeradora en su calidad de conservar los víveres incluso frutas fácilmente corruptibles como aguacates, naranjas, limones, frescos para tiempo indefinido. Aprovechado en medida comercial, tal almacenaje esterilizado significará la estabilización de los precios de víveres de rápida corrupción, y el ahorro de lo que ahora ha de botarse diariamente. La esterilización de frutas, carne y legumbres va a reemplazar las conservas enlatadas y de este modo abaratarlas.

Papas y cebollas debidamente irradiadas ya no van a brotar y se conservarán por eso sin pérdidas casi indefinidamente.

También pan, galletas y pasteles se conservan frescos, cuando son irradiados.

## 5. CIVILIZACION DOMESTICA

Pequeñísimas cantidades de sustancias de radioactividad fuerte, incluidas en ladrillos y puestas en un barril con agua pueden servir como abastecimiento de agua caliente para cincuenta años.

Aún está en vista un hogar que al precio de unos colones quemará unos decenios sin más gastos ni leña.

## 6. CULTURA ESPIRITUAL

Las mismas irradiaciones fuertes sirven para producir en una pantalla de materia fluorescente una luz tan fuerte como cinco bujías. Tal lámpara va a aparecer en el mercado internacional dentro de unos meses al precio de pocos dólares. Su luz no va a disminuirse durante los próximos ocho años. La misma luz basada en radioactividad puede ser aprovechada para la eterna iluminación pública de bocacalles, escaleras, etc.

Cuando nosotros mismos podamos fabricar esta lámpara a millares y miriadas, ella va a llevar la luz necesaria para leer hasta en el último rancho. Entonces se necesitarán librillos como las "publicaciones populares" editadas por el gobierno de los Estados Unidos "para los hacenderos y constructores de hogares", repartidos gratuitamente a millones, los cuales junto con escogida literatura buena e interesante van a dar a la alfabetización su fondo sustancial. A la iluminación de la casa seguirá la del espíritu.

Si añadimos que la transformación de la radiación solar inmediatamente en corriente eléctrica está ya tan bien encaminada, que el techo de una casa va a proporcionar toda la electricidad necesitada para una iluminación amplia, la radio, y pequeñas máquinas, llegamos a la conclusión de que en un futuro cercano cada casa, tan aislada que sea, tendrá su propia luz fluorescente o eléctrica, sin que se necesiten los cables conductores tan costosos, de modo que la electricidad producida por Lempa y Güija será reservada al uso industrial.

## PROPOSICIONES PARA LA REALIZACION DEL APROVECHAMIENTO DE LAS FACULTADES ATOMICAS EN EL SALVADOR

Después de encarar las grandes posibilidades del uso de las fuerzas atómicas en El Salvador, hacemos las siguientes proposiciones para su realización:

Que se instale una Comisión Atómica Salvadoreña con la obligación de elaborar planos detallados y reunir los fondos necesarios de parte del gobierno y, eventualmente, de particulares, para la fundación de un Instituto Atómico Salvadoreño, y, después de fundado, supervisarlos.

El Instituto Atómico Salvadoreño tendrá la obligación de:

1. conseguir la información mundial actual y futura sobre la física nuclear y su aprovechamiento,
2. estudiarla de fondo, hasta
3. reunir sus resultados en boletines para el uso y la enseñanza interior y de los países de habla castellana,
4. conseguir y conservar adecuadamente las peligrosas materias primas radioactivas, los correspondientes instrumentos y aparatos,
5. instalar cursos de capacitación para los prospectores de uranio y torio, para los veterinarios atómicos y demás personas que tendrán que manejar sustancias peligrosas,
6. organizar la búsqueda de uranio y torio por tierra y por mar,
7. ejecutar o licenciar y vigilar las radiaciones de semillas, esterilización de animales, cadáveres, cereales y frutas, etc.,
8. hacer propios experimentos en la medida justificada,
9. emprender una enseñanza pública de física que culminará en la física nuclear, por medio de la radiodifusora nacional,
10. preparar la instalación de una pila atómica,
11. editar un boletín de repartición internacional publicando los resultados científicos obtenidos por el Instituto Atómico Salvadoreño,
12. preparar los usos prácticos también en otros campos físicos nuevos como la transformación de la energía solar en electricidad y las aplicaciones de las oscilaciones ultrasónicas.

Además, la Comisión Atómica debiera considerar la fundación de una Facultad de Física en la Universidad de El Salvador.

Como este primer informe lo he escrito sin tener a mi disposición la rica literatura repartida en la conferencia atómica de Ginebra y sin haber tomado parte en ella, es muy posible que pueda ser completado; pero las posibilidades esenciales espero que han sido aquí mencionadas.

San Salvador, 9 de octubre de 1955.

## SEGUNDO INFORME

Después de haber detallado, en mi primer informe, la trascendencia del aprovechamiento y la organización científica de las fuerzas atómicas para el bienestar futuro del pueblo salvadoreño, conviene dar un vistazo a los problemas prácticos de su realización. Así, la primera pregunta es: ¿Hay Uranio en El Salvador?

En vista de la importancia de las sustancias radioactivas para el futuro cultural de todos los países, casi todos han prohibido su exportación sin previa licencia. Podríamos ser independientes de ésta solamente en caso de que ellas de hecho existieran en El Salvador en cantidades dignas de su elabo-

ración comercial. Me preparé, pues, para averiguar, si hay sustancias radioactivas en nuestra tierra, o no.

Como no tuve la oportunidad de hacer excursiones a determinados lugares, comencé en casa, sacando de la tierra blanca sólida, que por su constitución química conocida no puede contener sustancias radioactivas, las piedrecitas que en ella hay en cierto porcentaje, y que han salido, junto con aquella, según mis investigaciones, de una profundidad de dos a ocho kilómetros bajo la superficie. Las 30 muestras examinadas mediante un geigeroscopia, cada uno por un espacio de dos minutos, resultaron ser inactivas, explicándose unas desintegraciones radioactivas observadas, por medio de exámenes repetidos, como efectos de la radiación cósmica.

Después de estos resultados poco estimulantes, saqué del cercano arenal, que nace al pie de nuestro Volcán de San Salvador, y en parte pasa por las capas rocosas, todas de origen volcánico, las cuales fueron cubiertas por la tierra blanca, según mis investigaciones, en los siglos IX u VIII antes de Cristo, diez piedrecitas de apariencias diferentes, de las cuales ciertamente unas habían procedido de la tierra blanca. Dos de ellas resultaron ser decididamente radioactivas, produciendo tantas integraciones como corresponden a veinte o veinticinco microcuries de radioactividad, lo que es 20 ó 25 veces más que el mínimo que el geigeroscopia puede indicar. Tal grado de radioactividad corresponde a un contenido de 5 ó 10 por ciento de uranio o torio, digno de ser elaborado.

Este resultado alentador garantiza la independencia en lo referente a la materia prima para la producción de energía atómica, sea uranio, sea torio, supuesto que ella se encuentra en cantidades bastante grandes. La extracción del uranio o torio de sus compuestos se hará en una planta central por medio de métodos químicos aplicando ácidos; pero antes, el material debe ser separado de la ganga, tan completamente como sea posible. Cuando el mineral metalífero es roca sólida o grava, el mismo tiene que ser molido, lo que naturalmente es mucho más costoso que cuando ya la naturaleza misma ha hecho este trabajo cambiando la roca o grava por la arena de las quebradas, los ríos o la playa. Como el costo del mero mineral en forma arenosa, cuando es producida por el molino, es hasta 250 veces más alto que arena proporcionada por la naturaleza, en todos los países que tienen arena natural, se prefiere ésta. Como nosotros tenemos no solamente abundantes arenales sino también una playa extensa, primero estas arenas deben ser examinadas respecto a su contenido radioactivo.

Después que las arenas radioactivas son halladas, ellas deben ser enriquecidas en el lugar mismo por ciertas sencillas máquinas concentradoras muy eficientes, hasta que el 80 por ciento de la ganga es descartado y el mineral metalífero es enriquecido hasta 50 ó 75 por ciento.

Este enriquecimiento preliminar es seguido, eventualmente en otro lugar

más adecuado, por una refinación más complicada por medio de una tabla oscilatoria, que segrega aún las diferentes materias valiosas, porque los pesados minerales enriquecidos contienen, además del uranio o torio, otros elementos raros y valiosos que después de aislados serán aprovechados en el reactor para producir isótopos radioactivos. Al fin, la planta química reduce los compuestos a los elementos buscados, que servirán al reactor como combustible.

La primera condición de esta nueva industria atómica es la existencia de sustancias radioactivas en nuestro país, y me alegra haberla establecido, aunque de manera preliminar.

Una vez conseguido, el combustible tiene que ser encendido para que nos dé su energía atómica latente para su aprovechamiento. Ni papel, ni leña, ni carbón, ni gasolina, ni siquiera el hombre exterioriza su energía durmiente, sin que ésta fuera despertada por el previo aporte de cierta energía, llamado en el hombre la iluminación y la sugerencia, en la mujer el amor, en el horno y el cigarrillo el fósforo. Hablemos, pues, primero del fósforo atómico.

## EL FOSFORO ATOMICO

Después que Rutherford había descubierto, en 1903, que aquel átomo de una sustancia radioactiva, que ha emitido una partícula alfa —la misma que se observa en un geigeroscopio— ya no es el mismo elemento como antes de la emisión, sino un elemento más liviano, pasaron 16 años hasta que él mismo, en 1919, concibió la idea de alterar elementos deliberadamente por medio del bombardeo efectuado por la misma emisión, pero dirigida a otra sustancia. El proyectil quedó clavado en el núcleo de un átomo de nitrógeno, aumentó así el peso atómico de éste y su carga eléctrica positiva, con lo cual lo cambió por oxígeno. Este procedimiento sí fué una alteración artificial de elementos, como los alquimistas la habían soñado, pero todavía no un fósforo atómico.

Como la doble carga eléctrica de la partícula alfa sufre una fuerte repulsión por la carga eléctrica del núcleo, Cockcroft, un alumno de Rutherford, tuvo, en 1932, la idea creadora de aprovechar los rayos de partículas materiales producidos en los tubos catódicos por el ánodo positivo, que pasan por los canales del cátodo en línea recta con una velocidad de solamente 100 a 1.000 kilómetros por segundo. Como esto fué nada en comparación con la velocidad de 20.000 kilómetros de las partículas del alfa del elemento radio, Cockcroft aumentó la tensión de la corriente eléctrica por medio de transformadores hasta 500.000 voltios alcanzando una velocidad de 10.000 kilómetros de las emitidas partículas de hidrógeno. Cuando éstas bombardearon la meta portadora del elemento litio, los dos núcleos se fusionaron, pero su



conjunto inmediatamente después se desintegró en dos partes iguales que consistían en dos átomos del elemento helio. En la fusión y fisión se soltó una energía muchas centenas de veces mayor que la energía del proyectil que acertó. Luego esto fué la primera liberación artificial de fuerzas atómicas. Sin embargo, como se necesitaba un millón de proyectiles para que uno de ellos acertara un núcleo, tal producción de energía habría sido un mal negocio.

En el mismo año de 1932, Joliot-Curie y Chadwick descubrieron en el bombardeo del elemento berilio por partículas alfa el nacimiento de una nueva partícula, el neutrón, que es, más o menos, un núcleo de hidrógeno que carece de una carga eléctrica positiva y por eso químicamente ya no es hidrógeno; esta partícula ni negativa ni positiva no puede ser repelida ni por la coraza de electrones negativos ni por las cargas positivas del núcleo; luego ésta se convirtió en el proyectil ideal para producir cambios en el núcleo.

En el mismo año de 1932, Urey descubrió la existencia de un primer isótopo de hidrógeno, el deuterio, que contiene además de un protón un neutrón bastante flojo. Este resultó ser un magnífico proyectil tanto más, que tal hidrógeno pesado no tiene que ser construido por costosos procedimientos de alquimia, sino que ya está contenido en el agua pesada, del cual hay en cada tonelada del agua oceánica 150 gramos, de modo que también este importante ingrediente está a nuestro alcance.

Después de que la cuestión del mejor proyectil se había resuelto por los neutrones del deuterio, el próximo cuidado fué el de aumentar la velocidad de los proyectiles primarios para soltar los neutrones; porque para segregarlos en mayores cantidades se necesitó entonces una radiación de cargadas partículas de altísimas velocidades. Para producir ésta, se necesita un alto voltaje de corriente constante, el cual en el tubo evacuado les proporciona la correspondiente alta velocidad a las partículas, que por una ventana delgadísima de mica salen fuera del tubo.

Por medio del transformador de Greinacher los físicos atómicos de Alemania lograron una tensión de 1.200.000 voltios; pero sus costos fueron tan altos que se buscaron otros métodos. Van de Graaf ideó una botella de Leiden gigantesca en forma globular, cuya descarga en el tubo les proporcionaba a las partículas de su contenido gaseoso una velocidad aun superior a ésta; en 1939, 2.000.000 de voltios fueron alcanzados, y más nuevos globos llegan hasta 5.000.000 de voltios. Ellos sirven hasta hoy para producir la velocidad inicial.

Sin embargo, mucho superior se evidenció el ciclotrón ideado en 1938 por Ernest O. Lawrence. Este aparato sale del hecho básico del electromagnetismo de que a cada corriente magnética corresponde una presión eléctrica en un círculo que rodea aquella. Luego partículas provistas de cargas eléctri-

cas se mueven en círculos alrededor de las líneas de fuerza que pasan de un polo del magneto al otro. La idea ingeniosa de Lawrence consistía en darles a las partículas en cada su vuelta además un empujón eléctrico, que aumenta su velocidad de modo que ellas trazan una espiral, al fin de la cual dejan el aparato para iniciar el bombardeo. Por ejemplo, en el ciclotrón terminado en 1952, las partículas hacen tres millones de vueltas y salvan en éstas la distancia media de la luna en un solo segundo; su energía llegó a dos *mil* millones de voltios y alcanzó con esto la de los rayos cósmicos, razón por la cual este ciclotrón recibió el nombre de cosmotrón. Pero en el ciclotrón llamado bevatrón y terminado en 1954, las partículas hacen cuatro millones de vueltas durante no más que 1,85 segundos, con lo cual ellas hacen un camino de casi quinientos mil kilómetros, lo que es mucho más que la distancia de la luna. El bevatrón llegó hasta cinco mil millones de voltios y costó nueve millones de dólares.

Estos aparatos gigantescos proporcionan, pues, a las partículas velocidades mucho mayores que la de los rayos cósmicos, los cuales, por su alta energía, perforan más de trescientos metros de tierra. Sin embargo, tales gigantes fueron construidos para la investigación, mientras para la producción de energía o aun de isótopos radioactivos bastan ciclotrones mucho menores, porque ellos tienen para estos usos prácticos únicamente el fin de servir como fósforo, es decir, acelerar partículas cargadas, como por ejemplo deuterio, para que, por su bombardeo de agua pesada o berilio, se produzcan neutrones en bastante cantidad a fin de bombardear a su vez con éstas las sustancias de combustión; para este último objeto bastan neutrones con velocidades modestas en comparación. Los neutrones sirven, pues, como el papel y la leña al encender un montón de carbones: sin los fósforos no se enciende el papel ni la leña, ni el carbón se enciende sin éstos.

Consideremos ahora la retorta, en la cual el alquimista moderno cambia los elementos baratos en elementos preciosos, y pueden producirse energías un millón de veces más grandes y tanto más baratas que las producidas por iguales cantidades de carbón.

## EL REACTOR

Las alternaciones de elementos, producidos por las sustancias radioactivas espontáneamente por medio de la emisión de partículas nucleares habían bajado su peso atómico paso a paso, de modo que el elemento resultante fué más liviano. Como contraste, el bombardeo de elementos, inaugurado por Rutherford en 1919, construyó elementos más pesados, porque las partículas emitidas fueron capturadas por los núcleos.

En diciembre de 1938 O. Hahn y Strassmann descubrieron en Berlín, bombardeando los átomos pesados de uranio por neutrones, que su núcleo

se partió en dos elementos. Unos meses más tarde Joliot estableció que en esta fisión se soltaron no uno, sino varios neutrones. Este hecho abrió la perspectiva a una posible reacción en cadena, de tal manera que la primera fisión fuera seguida por varias otras y así sucesivamente en progresión geométrica. Como en cada fisión se sueltan altas energías en forma de calor, el físico alemán S. Flügge, adivinando las grandes posibilidades, publicó en 1939, antes de la segunda guerra mundial, un artículo intitulado: "¿Puede la energía contenida en los núcleos atómicos ser aprovechada técnicamente?"

Es muy posible que tales reacciones en cadena son la causa del nacimiento de nuevos volcanes; pero en los conocidos depósitos naturales de uranio, este elemento se encuentra siempre en estado tan diluido, que los neutrones producidos por una fisión no logran acertar otro núcleo, porque aun en el macizo metal puro ellos necesitan para esto un camino de al menos unos centímetros. Se necesitan, pues, cantidades mayores del puro metal para inaugurar una reacción en cadena. Pero en caso que ésta se lograra, se levantaría la otra dificultad de que ella prendiera todo el uranio de una vez y sucediera en la millonésima parte de un segundo resultando en una tremenda explosión. Para contrarrestar ésta, Flügge propuso moderar la velocidad de la reacción en cadena por añadir sustancias, de las cuales ya se sabía que pueden capturar o frenar una parte de los neutrones, a saber: agua y el metal cadmio. Según su idea 4,2 toneladas de óxido de uranio debieran ser mixtos con cadmio y diluidos en agua; así la energía liberada sería moderada de tal modo que la temperatura de tal reactor se quedaría en 350 centígrados; mientras nueva agua afluye, el vapor producido bastaría para producir la cantidad de electricidad necesitada por toda la Alemania durante un año.

Esta asociación de ideas de Flügge despertó el interés internacional, y cuando los Estados Unidos, en 1941, entraron en la guerra, Einstein avisó a su gobierno que la dominación de las energías atómicas haría posible el desarrollo de una bomba de eficiencia inaudita, con lo cual aquellos movilizaron sus fuerzas superiores para realizar este dominio. Como estas investigaciones fueron mantenidas en secreto, todavía no es siempre posible indicar, cuándo y por quién se hicieron los descubrimientos.

Pronto fué observado que, contrario a la expectación, tampoco grandes trozos de uranio no se encendieron, cuando fueron bombardeados por neutrones. La causa se descubrió en que el uranio natural consiste en dos isótopos, uranio 235 y uranio 238. De éstos únicamente el primero tiene una radioactividad alta, y precisamente este isótopo valioso existe en el uranio natural solamente en 0,7 por ciento.

Surgió, pues, la tarea difícilísima de separar estos dos isótopos, que no se distinguen químicamente en nada, sino solamente por el peso de tres neutrones más, respectivamente menos.

En este apuro otro descubrimiento, hecho por E. Fermi en América, por

E. von Weizsaecker en Alemania, ayudó al asunto bélico, a saber que algunos de los muchos neutrones emitidos por uranio 235, cambian un núcleo acertado de uranio 238 en su isótopo 239, el cual después de 23 minutos se convierte en el nuevo elemento neptunio, que a su vez en 2,3 días se convierte en otro nuevo elemento, a saber, plutonio. Como éste es un elemento distinto de uranio y por eso tiene distintas propiedades químicas, él puede segregarse de su elemento madre uranio por medio de ordinarios procedimientos químicos. El plutonio resultó ser aún más quebradizo que uranio 235, y fué por eso sacado en cantidades suficientes. Faltó solamente unir dos cantidades menores que la cantidad crítica, a formar una masa mayor que la cantidad crítica, para inaugurar la fisión en cadena y con eso la explosión atómica que destruyó Hiroshima en 1945.

Sin embargo, el uso pacífico de estas fuerzas exige que ellas puedan ser controladas por el hombre. Aquí se bifurcan los caminos con arreglo a los asuntos: cuando el anhelado producto son los isótopos tan valiosos, no es necesario llegar a la cantidad crítica de sustancia de alta radioactividad, sino que los neutrones acelerados en un ciclotrón relativamente pequeño bastan para la producción de isótopos, y la tarea principal es la alteración planeada de los diferentes elementos madres a los elementos radioactivos deseados. Este aparato no produce energía, sino que gasta electricidad existente.

Distinto es cuando se anhela la producción de energía atómica para la industria. En este caso las sustancias primas radioactivas deben ser unidas en cantidades mayores que la cantidad crítica para producir la reacción en cadena; pero para permanecer bajo el control del hombre ésta ha de ser moderada, como Flügge lo había propuesto en 1939. Ya en aquel entonces se sabía que los neutrones, sueltos por la fisión de uranio 235 y dotados con altísima velocidad, son reflejados por el uranio 238 o quedan clavados en el mismo sin producir fisión y no en el uranio 235 tan quebradizo, y que solamente neutrones de baja velocidad producen la fisión de uranio 235. En 1939-40 W. Heisenberg y S. Flügge elaboraron las leyes de la resonancia atómica que efectúa este comportamiento, y establecieron que el agua ordinaria no puede servir como moderador, pero sí el agua pesada o carbón muy puro, porque estas sustancias frenan por su elasticidad la velocidad de los neutrones sin absorberlos. En cambio, el cadmio los absorbe en tan alto grado, que un desarrollo demasiado rápido de la fisión, que condujera a una explosión, puede ser contrarrestado por bajar unas varillas de este metal en la pila atómica.

Luego, en 1942, fué construida en Alemania una pila atómica moderada por agua pesada y frenable por cadmio, y en América por E. Fermi otra moderada por carbón. La última obtuvo tal tamaño que ella fué la primera pila atómica que produjo energía en mayores cantidades.

También en América el agua pesada fué utilizada como moderador en

reactores posteriores. En el curso del tiempo también los átomos de su hidrógeno pesado o deuterio fueron alterados en otro isótopo antes desconocido, el tritio, descubierto en 1950-52. En contraste con el deuterio, que es un elemento estable, el tritio resultó ser una sustancia de alta radioactividad y una media vida de 31 años. En su nacimiento dos deuterones, que son los núcleos del deuterio, se reunieron a una unidad que casi inmediatamente se desintegró en hidrógeno ordinario y tritio, soltando una energía de ningún modo menor que aquella suelta por la fisión de uranio.

Esto ya no fué fisión de los elementos más pesados, sino fusión de los elementos más livianos como aquella primera producida por Cockcroft en 1932. Nació, pues, la idea de la bomba de hidrógeno, que en realidad fué deuterio y tritio; la primera de su clase estalló en 1952 en Eniwetok.

Sin embargo, una sorpresa aun mayor, aunque mantenida en secreto, fué un descubrimiento hecho en 1952 por el físico alemán Doepel, cuya trascendencia para el mundo supera a la de la bomba de hidrógeno. A saber: él reconoció que la fusión de deuterio puede realizarse por medio de un tubo catódico ordinario con tensiones corrientes, pero sintonizados con la resonancia del deuterio. Otros físicos, americanos, averiguaron, que el mismo resultado puede ser alcanzado por la explosión de un pedacito de alambre delgado en un circuito de alta tensión, por ondas de choque, u otros métodos más.

Ya no se necesitan cincuenta libras de sustancia radioactiva fisible como mínimo para que una bomba estalle, sino que cualquiera cantidad de tritio y deuterio puede ser encendida por medio de métodos casi caseros. Ni se necesitan ya miles de millones de dólares, pounds, o de rublos para producir las sustancias necesitadas, sino que aun el Estado más pequeño puede construir tantas bombas atómicas como quiera, y tan pequeñas o grandes como le guste.

Los "Tres Grandes" como los más expertos en esta materia, fueron naturalmente los primeros en sacar las conclusiones políticas, mientras los pequeños solamente comienzan a adivinar que la verdadera y más profunda causa de la mente pacífica de los Grandes, también de Rusia, fué el descubrimiento sorprendente del tan fácil encendido atómico de deuterio para la producción de tritio, que a su vez mantiene la reacción en cadena. Como tales experimentos pueden hacerse con cantidades y explosiones tan pequeñas, que su observación se sustrae aún a los aparatos más sensibles, cada uno de los Estados, tan pequeño como sea, puede destruir al otro antes que éste pueda advertirlo. En tal caso la única solución para la seguridad propia ya no es un armamento superior al del adversario más potente, sino la paz mutua.

Dos o tres años pasaron para que también los rusos reconocieran la

inevitabilidad de estas conclusiones políticas, cuya primera realización fué la conferencia de Ginebra de "Átomos para la paz".

También los problemas del reactor atómico se cambiaron esencialmente y se volvieron tan complicados y técnicos, que, por el momento, parece mejor terminar con esta primera Historia atómica, y esperar sus efectos.

También este segundo informe fué escrito basándome únicamente en los escasos materiales, que yo he recogido para mi información personal a fin de estar al tanto sin ninguna ayuda de biblioteca alguna de nuestro u otro país y sin conocimiento de las conferencias celebradas ni los escritos repartidos en la conferencia de Ginebra en agosto de 1955. Tampoco llegaron a mis manos los "Field Intelligence Agency (Technical) Reviews" que contienen el cuento oficial de los progresos de las ciencias en los diferentes países durante la guerra y estaban por publicarse en 1947. Pido, pues, el perdón de los lectores por la audacia de describir el desarrollo de la física nuclear; pero esto me pareció una exigencia del momento y por eso un deber.

San Salvador, 3 de noviembre de 1955.

### TERCER INFORME

#### LA COMISION ATOMICA SALVADOREÑA, SU ORGANIZACION Y FUNCIONAMIENTO

La Comisión Atómica Salvadoreña es el agente fiduciario de las fuerzas atómicas, encargado por el Pueblo Salvadoreño, de promover en lo posible su aprovechamiento para el aumento del bienestar del mismo guardándolo de sus peligros. Para este fin ella se compone:

- A. de las autoridades:
  - 1. el Presidente de la Asamblea Nacional como representante del Pueblo Salvadoreño,
  - 2. el Presidente de la República como representante del Poder Ejecutivo y del ejército nacional,
  - 3. el Rector de la Universidad como representante de la Ciencia,
- B. de los directores científicos del Instituto Atómico Salvadoreño,
- C. de los representantes respectivos de los ramos interesados de:
  - 1. Agricultura,
  - 2. Ganadería,
  - 3. Medicina,
  - 4. Salubridad Pública,
  - 5. Economía,
  - 6. Cultura.

Las sesiones serán íntimas o plenarias, abarcando las primeras las autoridades y los sabios, las últimas además los representantes de los interesados. Asistirá a la sesión íntima aquel representante de los interesados, a quien le toca.

Sus decisiones se harán por unanimidad de los representantes.

Como institución ejecutiva y oficina le servirá a la Comisión Atómica el Instituto Atómico Salvadoreño, dirigido por los científicos entendidos, quienes le harán a la Comisión Atómica, íntima o plenaria según el caso, las proposiciones apropiadas y preparadas, mientras ésta se encarga de procurar los fondos necesarios para la realización de las proposiciones aprobadas.

La Comisión Atómica Salvadoreña plenaria se reunirá regularmente cada seis meses para que el Instituto Atómico dé cuenta de su labor. Sesiones extraordinarias tendrán lugar, cuando dos miembros lo crean oportuno.

El presupuesto del Instituto Atómico será en parte ordinario, en parte extraordinario; el ordinario se compone de los gastos corrientes, conteniendo entre otras partidas aquellas para una Biblioteca Atómica completa, para instrumentos y aparatos corrientes, para publicaciones etc. El extraordinario abarca sumas movibles destinadas además de la inauguración del Instituto para la realización de las proposiciones a aprobar por la Comisión Atómica. Se prevé el siguiente programa inmediato:

#### PROGRAMA INMEDIATO

*Desde el 1º de Diciembre de 1955.* Catalogar la literatura atómica de Ginebra, elaborar ficheros de materia, estudiarla hasta sacar las consecuencias científicas y prácticas en todos sus ramos.

Mandar los aparatos necesarios en seguida, para que estén en Enero de 1956.

Excursiones de búsqueda de uranio, torio y agua pesada.

Conseguir planes de construcción de un laboratorio atómico, etc., de la parte de varios países expertos.

Conseguir los precios, etc., de las sustancias radioactivas.

*Enero de 1956:* Curso preparatorio para alumnos interesados en la Física Nuclear, para llevarlos científicamente hasta el punto donde se necesitan los aparatos que nosotros no tenemos, y para seleccionar los verdaderamente capaces y aptos; después, enviar los escogidos al extranjero para su perfección.

San Salvador, 13 de Noviembre de 1955.