
Ciencia

Los combustibles nucleares

FIDEL A. ALSINA

DOCTOR EN CIENCIAS físicomatemáticas (1952) e ingeniero mecánico electricista (1936), obtuvo ambos títulos en la Universidad de La Plata. Jefe de la división ingeniería nuclear de la Comisión Nacional de Energía Atómica (1956), Asesor de la delegación argentina a la Conferencia sobre el Estatuto del Organismo Internacional de Energía Atómica (N. York, 1956). Integrante del equipo de entrenamiento de la Comisión Nacional de Energía Atómica enviado al Argonne National Laboratory (1956). Participó en la construcción del RA1, primer reactor experimental argentino. Presidente de la Asociación Física Argentina. Miembro del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (1958). Miembro del directorio de la Comisión Nacional de Energía Atómica (1958). Profesor de física especial en la facultad de Ciencias Físicomatemáticas de la Universidad de La Plata.

ES posible que la liberación de la energía nuclear en 1942 no sea juzgada por la historia como el más importante hallazgo científico. Quizás, corriendo los siglos, se concluya por dar más trascendencia a las leyes de la mecánica, las de la inducción, o a cualquier otra de las piedras miliare que jalonan la marcha de la física; es muy reciente aún el problema nuclear para medirlo con nitidez, como aporte al avance. Pero uno por lo menos de sus aspectos ha de quedar como de incidencia decisiva en la historia: la repercusión inmediata que en el campo político internacional ha tenido un descubrimiento puramente científico. Ningún otro, ni mecánico ni eléctrico ni de ningún capítulo, ha agitado al mundo en la forma en que lo ha hecho la energía nuclear. Hasta que ella apareció, la labor científica se originaba en círculos restringidos, y salía de ellos lentamente, para alcanzar la industria, o tal vez la filosofía. La mecánica de Galileo, Newton y Einstein pasó a ser un problema filo-

sófico; la electricidad pasó a la técnica, y de allí al mundo de todos los días. En cambio, la energía nuclear, sin dar tiempo al buceo filosófico, ni a que el ingeniero haga de ella una herramienta sumisa, ha irrumpido directamente en la vida y en la muerte, y ha motivado más agitación humana que todo el resto de la ciencia, en toda su historia. La simple comunicación de los resultados de laboratorio, que en otros capítulos se hace por los conductos comunes de la revista, el libro, o el congreso común, ha significado en el caso de la energía nuclear la realización de dos reuniones de hombres de ciencia de una magnitud nunca presumida: la Primera Conferencia Internacional de la Energía Nuclear para Fines Pacíficos, que reunió unas 2000 personas en Ginebra en 1955, y la Segunda Conferencia, que acaba de citar a 6000 en setiembre de 1958, en la misma ciudad.

Además, las implicaciones políticas han exigido la creación de un Organismo Internacional de la Energía Atómica —que acaba de celebrar en octubre su Segunda Conferencia General en Viena, con asistencia de delegados de todo el orbe. Y queden sin contar las numerosas reuniones políticas de alto nivel que se han ido sucediendo en los últimos años para tratar todos los problemas de tipo militar, las comisiones nacionales que se han creado en muchos países, las industrias que comienzan a dar sus primeros e inseguros pasos en el nuevo campo; y quede sin contar también que se hace todo esto sin perjuicio de que las vías comunes de intercambio de conocimiento hayan desplegado en los mismos años todas sus posibilidades.

La energía nuclear pasará seguramente a la historia como el descubrimiento que ha incidido más profundamente en la vida de los pueblos, en forma inmediata. Pero, también, muchos años han de pasar para que esos mismos pueblos juzguen que los beneficios que la energía nuclear augura, llegan a compensar las dos primeras irrupciones que esa misma energía hiciera en su debut. Es ese comienzo dramático el que llevó a la energía nuclear a la obligada posición de primera página en que se encuentra desde el primer día, y el que ha hecho, por reacción, que se vuelquen los esfuerzos a las aplicaciones destinadas al progreso. Sin esa trágica presentación, es dudoso que la marcha posterior hubiera sido lo que es.

CIENCIA

LOS RADIOISÓTOPOS

Es prematuro decir cuáles serán las más importantes aplicaciones pacíficas, pero se distinguen desde ya dos que lo son: la aplicación de radioisótopos, y la obtención de energía común. Son nada más que dos, pero los estudios tienen apenas unos 20 años; mucho queda por explorar y encontrar.

Los radioisótopos han probado ya ser una contribución extraordinaria a la ciencia y a la industria. Son, por una parte, un perfeccionamiento de técnicas ya existentes, como en el caso de su aplicación terapéutica o de la obtención de "radiografías". Pero por otra son algo nuevo, esencialmente nuevo: se puede estudiar ahora el metabolismo de una sustancia determinada, o seguir una reacción química casi molécula por molécula, o catalizar reacciones que serían prácticamente imposibles sin ellos, o determinar la antigüedad de un resto arqueológico, o modificar a fondo un proceso industrial de los plásticos o de los metales; la lista sigue hasta abarcar miles de aplicaciones.

El manejo de los radioisótopos es sencillo, y no exige instalaciones costosas. Su empleo es en general fácil, y cualquier profesional puede capacitarse para utilizarlos en la rama de su especialidad, en un lapso de pocos meses. Cursos breves e intensivos sobre el uso y manejo de los radioisótopos existen en Harwell (Inglaterra), Oak Ridge (EE. UU.), en la Universidad de la ciudad de Méjico, y en la Comisión de Energía Atómica, en Buenos Aires. Los equipos necesarios se producen en diversos países, incluso en el nuestro, y ni su costo ni su manejo originan dificultades de importancia.

Los radioisótopos han abierto así, ya, un camino seguro a la utilización de la energía nuclear para fines pacíficos, y su difusión es sólo cuestión de tiempo, como en el caso de cualquier herramienta eficaz, pero nueva.

Tampoco es inaccesible el material, es decir, los radioisótopos mismos; algunos de ellos se producen como subproductos en reactores nucleares, y varios países los venden, a precio inferior al real de producción. Otros, los de vida media breve, pueden producirse en pequeños reactores, o en ciclotrones, y su producción ya ha comenzado en nuestro país, en cantidades experimentales.

En Sud América, Brasil posee un reactor adecuado para mayor producción, instalado en San Pablo, y pronto ha de tener otro, en Belo Horizonte. Venezuela tendrá desde el año próximo también un reactor adecuado a la producción, instalado cerca de Caracas. Sumados los esfuerzos de esos países con el nuestro —en donde acaba de producirse por primera vez oro radiactivo en Sud América— podemos suponer que la provisión de radioisótopos está asegurada para este continente sur, salvo para algunos materiales, como el cobalto radiactivo, cuya producción está restringida a reactores mucho mayores que los que dispondremos los sudamericanos en los próximos años.

Así, pues, aunque la utilización de los radioisótopos carece en general de los contornos espectaculares que suelen rodear a todo lo referente a la energía nuclear, constituye esa utilización un paso concreto y firme en el aprovechamiento de los combustibles nucleares, y su importancia irá creciendo paulatina y suavemente, hasta que concluya por formar un conjunto tan habitual y familiar como pueden serlo hoy los aparatos eléctricos.

Ya hay, por ejemplo, dispositivos para eliminar el polvo en los discos fonográficos; ya han pinturas para esferas luminosas de relojes o instrumentos. Son aplicaciones minúsculas, intrascendentes si se quiere. Pero muestran que comenzamos a vivir una época que irá tiñéndose cada vez más con las modalidades de la energía nuclear, casi sin que nos apercibamos.

Bien entendido, la era nuclear no significará que todos hemos de conocer las últimas teorías sobre el núcleo. Tampoco es necesario conocer electricidad para encender una lamparilla, ni evocar a Huyghens antes de dar cuerda a un reloj. Y en este sentido, la era nuclear, a través de los radioisótopos, ha comenzado ya, y ha de permanecer.

LA ENERGÍA

Muy diferente aspecto presenta la segunda aplicación pacífica de los combustibles nucleares, que hoy atrae la atención: la obtención de energía utilizable en forma industrial. La obtención de energía, sea eléctrica o calórica, dista mucho de ser un problema resuelto en todas sus partes; y la Segunda Conferencia de Ginebra ha morige-

CIENCIA

rado bastante el optimismo caldeado que florecía en la primera, a sólo tres años de distancia.

Algunas de las razones que hay para esto, son fáciles de exponer; En primer lugar, la obtención de energía eléctrica no es una cosa nueva, en el sentido en que los radioisótopos son una cosa nueva. Hace más de cincuenta años que se produce energía eléctrica, usando carbón, petróleo, caídas de agua, mareas, o vientos. El núcleo atómico no es más que una nueva alternativa para obtener lo mismo. Dicho de otro modo, la producción de energía eléctrica mediante combustibles nucleares, no es un problema científico en sí mismo. Es un recurso nuevo para obtener un resultado conocido, y esto es casi la definición misma de lo que es técnica en general.

La implicación inmediata, es que uno pregunta en seguida qué puede esperarse de la energía nuclear para obtener calor o electricidad, en competencia con las demás fuentes de energía. Y la palabra "competencia" típica también de la técnica, es la que merece énfasis ahora, pues toda la situación actual gira en torno de ella.

Está fuera de duda que puede medirse aproximadamente el desarrollo técnico de un país por el consumo de energía eléctrica por habitante. Noruega consume unos 6.700 kWh por año y por cabeza, EE. UU. unos 3.800 (más un enorme consumo de carbón y petróleo en otros usos), Argentina unos 300; y he ahí una de las dificultades típicas para nuestro desarrollo.

Debe tomarse en cuenta que los países de alto consumo eléctrico —Noruega, Canadá, EE. UU., Suecia, en ese orden—, son además los países en que el consumo *aumenta más* por año; no solamente gastan mucho, sino que gastarán más y más. Desde este punto de vista, el problema de la energía —y su incremento adecuado año tras año— es el más grave problema técnico que debemos resolver, seguido de cerca por otros, como el de los transportes y comunicaciones, que también están vinculados al primero.

Y como se trata, en los combustibles nucleares de una nueva posibilidad, la pregunta pertinente es cómo se compara con las demás posibilidades.

Dentro de medio siglo, cuando las reservas mundiales de carbón y petróleo escaseen y se dediquen a fines de aprovechamiento más racional que la simple combustión, y cuando las caídas de agua estén

explotadas en forma intensiva, el problema del combustible nuclear se planteará de otro modo: la energía nuclear no tendrá que “competir”, y nadie hará cotejo de costos y conveniencias; pero entre tanto, el costo es el aspecto preponderante.

EL COSTO DE LA ENERGÍA

El combustible nuclear más importante, el uranio, se encuentra en la naturaleza en forma inservible para su uso inmediato. Mientras el carbón puede usarse casi sin procesado, y el petróleo se procesa en forma comparativamente sencilla para obtener un sinnúmero de subproductos que lo valorizan, el mineral de uranio, tal como se lo encuentra, exige un costoso proceso de separación, tratamiento químico, refinación metalúrgica, que no produce subproductos, y que lleva el costo del metal uranio hasta aproximadamente 40.000 dólares la tonelada.

Tampoco es posible utilizar directamente el metal en un reactor. Es necesario envolverlo con cubiertas metálicas estancas para evitar que los productos que se formen en la reacción queden libres, y esto —que exige a veces materiales extraños como el magnesio, el berilio o el zirconio— añade algunos miles de dólares por tonelada al valor inicial del combustible. Queda así destruída la ilusión de que el combustible nuclear sea gratuito, o por lo menos, de valor despreciable.

Es verdad que el contenido energético del uranio es enorme, por lo menos en principio. Pero en la práctica, no es posible extraer toda la energía contenida, por impedirlo razones metalúrgicas; en las actuales usinas nucleares inglesas, cada tonelada de uranio “quemado” equivale a unas 6.000 toneladas de petróleo, y se estima que un límite deseable —que aún se está muy lejos de alcanzar— es el de que cada tonelada de uranio equivalga a unas 14.000 toneladas de petróleo.

Por cierto que, aún con el bajo rendimiento actual, ya hay economía en el costo del combustible, y, lo que es mejor, las usinas nucleares no requieren el permanente aprovisionamiento que exigen las de carbón o petróleo; el volumen de combustible a mover es mucho menor. Pero la verdad es que estas dos razones: menor costo del combustible (comparado con petróleo o carbón) y menor volumen

CIENCIA

a transportar, son las únicas razones actuales *a favor* de la usina nuclear.

Veamos ahora las razones que impiden que el optimismo sea excesivo. La más importante y obvia es que el costo del combustible no representa sino una parte del costo total de la energía obtenida con él. Hay que añadir gastos de personal y mantenimiento, y, lo que es importantísimo, gastos de amortización de las instalaciones.

El costo de una usina nuclear por cada kW eléctrico producido, depende, naturalmente, del tamaño total de la usina. Para usinas del orden de 100.000 a 200.000 kW, ese costo es comparable al de una usina hidroeléctrica, es decir, es dos o tres veces mayor que el de una usina térmica.

Y esto, unido a que no es posible todavía construir usinas menores que las potencias indicadas, con criterio económico, hace que el costo inicial de las instalaciones sea elevado, y elevada también su amortización. En particular, tales usinas deben funcionar el mayor tiempo posible, para cubrir consumos básicos, pues sería oneroso mantenerlas inactivas durante la mayor parte de su vida útil para cubrir consumos de picos de carga con ellas.

TIPOS DE USINA

Las cifras anteriores se refieren a usinas como las que funcionan desde hace dos años en Inglaterra, en Calder Hall. Son las únicas en el mundo sobre las que pueden basarse algunas apreciaciones económicas que estén en algo respaldadas por la experiencia. Sus características económicas, son: alto costo inicial, por el gran tamaño de la usina, necesidad de emplearlas para cubrir consumo básico, y poco aprovechamiento del contenido energético del combustible.

Este último aspecto plantea un problema de magnitud, pues el combustible que se retira de la usina, contiene todavía un valor energético apreciable, y hay que emprender la tarea química de separar todas las impurezas y volver a concentrarlo, para su nuevo empleo en el reactor. Esta tarea es costosa, ya que el combustible se ha convertido ahora en una intensa fuente de radiación que debe ser manejada con especiales precauciones, y se carece de datos sobre el costo real, que hay, naturalmente, que añadir al costo del combustible.

Lo que hace que las usinas inglesas extraigan poca energía del uranio, es el hecho de emplear un gas —anhidrido carbónico— como elemento transportador de calor, desde el combustible hasta la caldera. De poder usarse un líquido, mejoraría la extracción de energía hasta un punto tal, que ya no sería de interés el reprocesado del combustible.

Pero el empleo de un líquido, aunque estudiado en principio no está aún resuelto en la realidad. Ese líquido debe ser, preferentemente, agua pesada (agua conteniendo deuterio en lugar de hidrógeno) y dicho material cuesta alrededor de 60 dólares el kilogramo. No hay más que una forma concluyente de saber qué resultado daría una usina nuclear que usara uranio y agua pesada: construirla.

Esa empresa ha sido emprendida con carácter exploratorio por dos países: Suecia y Canadá. Se trata solamente de ensayos, pues el tamaño de las usinas proyectadas permite saber de antemano que no serán económicas. Pero cada uno de esos ensayos ha de insumir decenas de millones de dólares y varios años, antes de poder obtener la respuesta concreta.

EL URANIO "ENRIQUECIDO"

Todo lo anterior se refiere al uranio metálico, tal como se lo conoce como elemento químico. Como en verdad dicho elemento es una mezcla de diversos isótopos, y sólo uno de ellos, el U235, es el que presenta interés como combustible, puede plantearse la cuestión de si el uranio que contenga más U235 que el uranio natural, no ofrecerá una respuesta más económica al problema de la energía.

No es posible, todavía, contestar esa pregunta. Hay muchos reactores y usinas construídos a base de "uranio enriquecido", es decir, uranio cuyo contenido en U235 es superior al del uranio natural. Tienen usinas de ese tipo Estados Unidos y Rusia, por ejemplo, pero los datos hasta ahora conocidos no permiten una afirmación concluyente.

Y aún si tales reactores resultaran económicamente convenientes, queda el problema no despreciable de que los únicos países en condición de proveer dicho combustible enriquecido en forma regular son los nombrados, lo cual seguramente habrá de dificultar la difusión

CIENCIA

de usinas cuyo aprovisionamiento depende en forma directa de tan pocas fuentes.

Es prudente mencionar aquí que la preparación de uranio enriquecido es empresa de un costo elevado, y queda muy por encima de lo que un país como el nuestro podría considerar realizable.

SITUACIÓN ARGENTINA

Nuestro país posee yacimientos de uranio en cantidad importante; tenemos en ellos una riqueza comparable a la de nuestro petróleo en cuanto a trascendencia para la vida futura del país. La exploración y explotación ha comenzado ya, y también comenzó la refinación del mineral hasta obtener uranio metálico.

Las cantidades son por ahora insuficientes para pensar en alimentar una usina, pero han de crecer en los próximos años, mientras la tecnología de las mismas usinas progresa, y mientras se decide la gran cuestión ahora pendiente: usinas que emplean gas —como las inglesas— o usinas que emplean agua pesada como los prototipos que van a construir Suecia y Canadá.

Tal es la situación, desde el punto de vista práctico, y sin tomar en consideración otras razones que las técnicas o las económicas.

Entretanto, Argentina tiene un amplio campo de trabajo en la explotación de su propio uranio, en la construcción y operación de reactores de tipo experimental —como el ya construido, sin finalidad de obtener energía— y, sobre todo en el estudio y difusión de los radioisótopos.