

Sobre política nuclear (un poco de Historia, significados y propuestas)

Carlos Rubén Calabrese*

1. Introducción

Comienzo este artículo pidiendo disculpas al lector. Realmente es complicado hablar de política nuclear dentro de la extensión de un artículo para una revista no especializada. En efecto, es más simple —relativamente— entender (por ejemplo) una “política sanitaria”, sin que esto signifique que no involucre sus grandes complejidades. Por el contrario, ante el término “política nuclear” el lego percibe algo difícil y abstracto, cuya importancia no puede medir en términos reales. Luego, uno de los objetivos que me propongo en este escrito es dilucidar la cuestión (un poco). Por este motivo haré que el lector entre lentamente en estos asuntos, partiendo de conceptos básicos y elementos que mínimamente debe conocer como para poder evaluar las propuestas. A tal fin he incluido los puntos 2, 3 y 4 de este trabajo, donde quien tenga la paciencia de seguirme podrá establecerse en el tema (si esto no es así, nadie se preocupe, sin duda es mi culpa). En el punto 5 introduzco una pequeñísima historia de la Energía Nuclear en Argentina. De allí en adelante se plantea una propuesta a partir del momento histórico actual.

Ahora pido permiso para incluir algunos conceptos que seguramente los que leen este artículo conocen más que yo. Dicen que la Política es una ciencia arquitectónica, es decir, generadora de espacios. Una guía donde se desenvuelven todas las actividades humanas.

* Ingeniero Nuclear y Doctor en Ingeniería Nuclear (Instituto Balseiro). Realizó el Curso de la Escuela de Defensa Nacional y obtuvo el premio Escuela de Defensa Nacional. Desde agosto de 1982 desarrolla sus actividades profesionales en la Comisión Nacional de Energía Atómica. Se desempeñó en la empresa Atomic Energy of Canada Limited (Canadá). Miembro asesor en temas legislativos inherentemente nucleares de la Comisión de Industria y Comercio de la Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. Miembro de la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear. Ejerció la docencia en las cátedras de Física (UBA), Análisis Matemático (UTN) y dictó la materia “Física de Reactores” en el Curso de Postgrado de Ingeniería Nuclear.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

En particular la política nuclear deberá ser la guía donde se desenvuelva la cuestión atómica. Y como tal, no deja de ser "política". Es decir, un arte donde se manifiestan todas las pasiones humanas. Allí también se ve la grandeza, la pequeñez, los sueños, los ideales, la corrupción y todo lo que hay en los espacios donde hay política, desde un club de barrio hasta el Congreso Nacional, pasando por los sindicatos, las legislaturas provinciales y municipales. Y estas manifestaciones se dan, aunque al lector le parezca que lo que está en los puntos que siguen sea una "clase magistral", ajena a todo contacto con el sentir humano (algo así como si fuese una exposición de álgebra). De ninguna manera. Nos estamos introduciendo en un tema que afecta la vida cotidiana de la misma manera que lo hace la política económica y por lo tanto es el derecho de todos el entender de qué se trata, más allá que sea el deber de los científicos especializados, como yo, el asesorar a la gente, a la Sociedad.

La Ciencia y la Tecnología son herramientas de poder político. Luego, la Política Nuclear debe estar al servicio del poder nacional.

El conocimiento científico tecnológico es un factor predominante en las grandes Naciones de hoy. Los políticos de esos países tienen muy presente que las políticas científico-tecnológicas y en particular la política nuclear, son las herramientas para hacer grandes a sus naciones como ayer lo fueron los ejércitos y las flotas navales. La Ciencia y la Tecnología es mucho más que una cuestión exclusivamente económica, de números que cierran y balances que se cumplen.

Y como soy de la idea de que Argentina debe ser una gran nación (aun en el contexto de la actual globalización), creo que es necesario que quienes hagan política asuman lo dicho arriba.

Antes de entrar en tema, debo aclarar que las opiniones vertidas aquí son personales y no son expresión oficial de la Comisión Nacional de Energía Atómica, organismo en el que me desempeño. Son propuestas discutibles, desde luego. Por el contrario, sería deseable iniciar un debate sobre cuál debe ser la política nuclear argentina, para que la actividad no languidezca en el olvido ni en un malicioso desprestigio apoyado por gente mal informada, tal vez alentado desde lejanas playas.

Ahora pasaremos a explicar, lo más brevemente posible, de qué se

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

trata la cuestión atómica, un tema en donde se entroncan la Ciencia, la Tecnología y la Energía.

2. Ciencia, Tecnología y Energía¹

a) La Ciencia y la Tecnología

El conocimiento Científico-Tecnológico —no solamente el nuclear, sino el de todas las disciplinas científico-técnicas— descansa en tres grandes áreas:

- La Ciencia Pura o Básica es aquella que estudia las Grandes Leyes Fundamentales. Ya sea en Física, Química, o Biología, su interés radica en brindar la base sobre la que se sustentan los demás sectores científico-tecnológicos. Amplía el conocimiento, y permite así su crecimiento. Indaga el por qué de los fenómenos (*know-why*). Implica una política "para" la Ciencia. Son sus objetivos el conocimiento en sí, y la alta capacitación.

- La Ciencia Aplicada es una etapa intermedia entre la Básica y el Desarrollo Tecnológico. Puede estar enmascarada por uno u otro, pero debe estar presente siempre.

Se restringe a fenómenos de interés particular, como pueden ser determinados procesos. Permite obtener los elementos para efectuar la modelización y la simulación de ellos (ya sea usando maquetas o computadoras), obteniendo de la Ciencia Básica los conocimientos que le permiten avanzar.

- El Desarrollo Tecnológico surge a partir de los resultados de la investigación de determinados fenómenos suministrado por las otras áreas, llegando a la adaptación a nivel industrial, y aun su posterior comercialización. En este caso, importa el cómo se realizan, conducen u operan los procesos, equipos o desarrollos (*know-how*). Implica una Política "por" la Ciencia, dado que los objetivos son el desarrollo económico, la obtención de bienes y servicios a la sociedad, la transferencia a los sectores productivos de las diferentes tecnologías, la Defensa Nacional, etc.

La estructura Científico-Tecnológica de un país será tanto más desarrollada cuando alcance lo que se suele denominar

¹ En esta sección me tomaré la libertad de usar algunos conceptos de mi Profesor de Ciencia y Tecnología de la Escuela de Defensa Nacional, el Ing. Carlos R. Cavoti (Académico Titular de la Academia Nacional de Ingeniería).

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

“masa crítica”, es decir, un estado que asegure un crecimiento autosostenido de la Ciencia y la tecnología globalmente.

Todo esto, esquemáticamente sencillo, es extremadamente complejo en cuanto a su realización. Configura una densa madeja donde se entretrejen universidades, institutos, empresas, etc. Son necesarios recursos humanos, políticas claras, y que exista una buena interrelación entre los diferentes sectores, instituciones o empresas involucradas.

El modelo antiguo de desarrollo científico tecnológico, que estuvo vigente hasta la primera mitad de nuestro siglo, descansaba en el precepto de que el potencial bélico era la variable dominante del Poder Nacional de los países. Así se producía una bifurcación entre las actividades productivas del área tecnológica de interés económico-social y aquéllas vinculadas a la producción militar. Ambas ramas, sin embargo, no se realimentaban y actuaban en forma independiente; más aún, la participación privada no emergía claramente en un contexto en el cual el Estado prevalecía como ente planificador y ejecutor. La Unión Soviética mantuvo este esquema hasta el final de sus días. El resultado fue una industria bélica altamente desarrollada, coexistiendo con una industria civil atrasada. Como ejemplo vayan los autos soviéticos fabricados con tecnología de más de 20 años, producidos al mismo tiempo que los aviones MIG de combate, de última generación. Cabe citar una frase de Tóffler, quien dice que en estos tiempos la forma de hacer la guerra está ligada estrechamente a las formas de producción industrial.

En el país nuestro de la primera mitad del siglo, sin que sea el resultado de alguna política clara, sea de casualidad o como consecuencia del aislamiento provocado por las Guerras Mundiales, surgió una estructura Científico-Técnica, que alcanzó algunos logros significativos. Sin embargo, lejos se estuvo de lograr los resultados de crecimiento económico productivo que se deberían haber derivado del avance científico alcanzado. Se expandió el conocimiento y se realizaron desarrollos de importantes prototipos en distintas áreas de aplicación aunque desafortunadamente sin haber definido en forma clara, con antelación, el campo de *demanda* y sus consecuentes *posibilidades de producción, costos y comercialización* (se desarrollaron autos, aviones, tractores, etc.). A esto se sumó la falta de participación y riesgo por parte del empresariado privado, acostumbrado a un mercado interno poco exigente, prácticamente cautivo y a la falta de

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

control de calidad y precios por parte del Estado.

Argentina ha dado conocidos científicos, varios de ellos Premios Nobel, pero este conocimiento las más de las veces estuvo limitado al área básica y/o aplicada, aunque pocas ocasiones enmarcado en el desarrollo de metodologías, técnicas, sistemas o productos finales concretos. Por lo tanto, la transferencia al resto de la sociedad ha sido escasa o nula, dado que son débiles los vínculos con los sectores empresarios y hasta a veces inexistentes al ser reemplazados preferentemente por acuerdos de transferencia de tecnología, cesión de licencias, compras llave en mano, etc.

Por este motivo podemos decir que Argentina ha tenido una política "para" la Ciencia, y no ha ejecutado una verdadera política "por" la Ciencia, que lleve consecuentemente a favorecer la producción basada en el conocimiento propio.

b) La Energía

Por otro lado, es imposible hablar del desarrollo humano si no planteamos el tema de la Energía. Desde el trabajo físico humano hasta los robots más sofisticados, pasando por el uso de los animales y las máquinas a vapor, todos estos elementos proveyeron la energía necesaria para el desarrollo de la civilización.

La Energía es una necesidad primaria para la existencia del género humano, lo que se ve reflejado en lo siguiente: los países con mejor standard de vida son los que producen mayor energía por habitante (ver figura 1). En los más atrasados, se da la relación inversa.

Ahora bien, como consecuencia de la irrupción de la electricidad como medio productivo, surgió el problema de generarla para una gran cantidad de usuarios, domiciliarios e industriales (para los cuales las cantidades de energía necesaria son mayores). Como primera solución surgieron las plantas generadoras térmicas, cuya fuente de energía está basada en la combustión, ya sea de carbón, de petróleo o de gas. Luego aparecieron las plantas hidroeléctricas que aprovechan algún salto de agua, ya sea natural o provocado con diques.

Como veremos con detalle más adelante, hacia fines de los '50 llegó la producción nuclear (o nucleoelectrica) cuya fuente está basada en la fisión o partición de los núcleos atómicos del uranio, un mineral de uso muy restringido hasta ese momento.

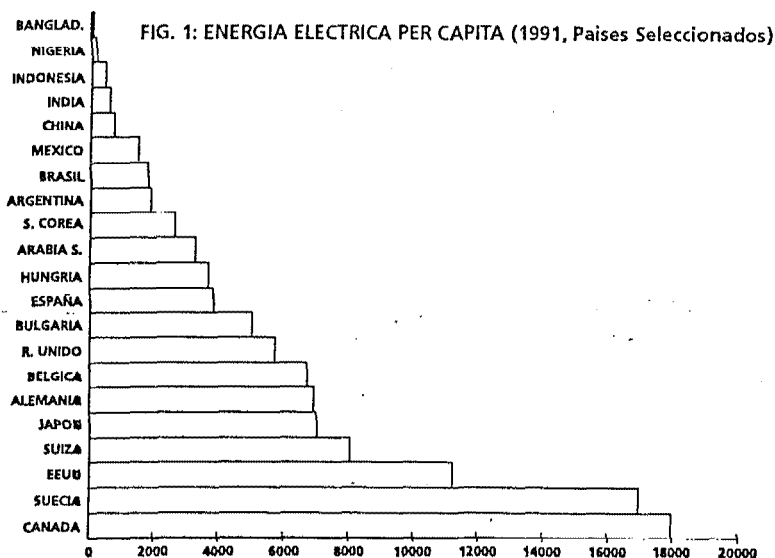
Son estos tres tipos de generación la base de la industria y la actividad en el planeta. No pueden dejar de mencionarse otras formas

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

(las llamadas "alternativas"). Por ejemplo la eólica (adaptación de los antiquísimos molinos de viento a la producción de energía eléctrica), la mareomotriz (que aprovecha los cambios de nivel de los mares por las mareas) y la solar, que es de las más recientes.

Las máquinas, como fuente de energía, le dieron nuevo impulso al genio del hombre. Basta preguntarse qué inventos hubiesen sido creados por Leonardo da Vinci si hubiese contado con el motor a explosión.

Resumiendo, el recurso energético, desde la tracción a sangre hasta la fisión nuclear, puede verse como un subproducto de la tecnología, pero también es en sí mismo un motor del desarrollo científico-tecnológico.



3. El desarrollo de la Energía Nuclear

a) Desde la antigüedad hasta Hiroshima

Veremos a continuación un proceso nacido en los laboratorios que culminó en múltiples aplicaciones comerciales y militares (luego tiene estrecha relación con el punto anterior). En el mismo se pueden apreciar una serie de hechos significativos. Su comprensión es vital para entender el sentido estratégico de la tecnología nuclear, que no se acaba en la fabricación de explosivos. En esta pequeñísima reseña

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

histórica sobre las investigaciones nucleares no faltan graves omisiones, que espero el lector sepa disculpar.

La historia arranca en tiempos remotos. Por ejemplo, basta recordar al filósofo griego Demócrito de Abdera, que introdujo al concepto "átomo" como la partícula más pequeña en que puede subdividirse la materia, siglos antes de Cristo.

El período moderno empieza en 1879 con el descubrimiento de Crookes, que ionizó un gas por descarga eléctrica. A partir de allí aparecieron una sucesión de descubrimientos como los rayos X y gamma, (Roentgen y Becquerel, respectivamente), Thompson y el descubrimiento del electrón. En 1898 el matrimonio Curie aisló el elemento radiactivo radio. En 1905, como parte de su revolucionaria teoría del movimiento, Einstein desarrolla su ahora famosa fórmula $E = mc^2$, que expresa la equivalencia entre masa y energía. Por esos años, los trabajos de Rutherford y Bohr dieron a conocer que el átomo neutro se compone de una carga negativa constituida por los electrones, que rodean a un núcleo central de carga positiva, que contiene la mayor parte de la masa total del átomo.

En 1930, Bothe y Becker bombardearon berilio con partículas alfa provenientes del polonio, detectando una irradiación que ellos en un principio pensaron eran rayos gamma. En 1932 Chadwick demostró que en realidad se trataba de partículas desconocidas hasta ese momento, los neutrones, de masa aproximadamente igual a los protones pero con carga eléctrica nula. Neutrones y protones unidos constituyen el núcleo atómico. En enero de 1939 los científicos alemanes Hahn y Strassmann hallaron bario como subproducto de la irradiación de uranio con neutrones. El elemento bario tiene aproximadamente la mitad del peso atómico del uranio, por lo que esto provocó sorpresa en el mundo científico. Así apareció en escena la fisión nuclear, es decir, la partición del núcleo en dos fragmentos. Con este mecanismo, Frisch y Meitner explicaron el fenómeno visto por Hahn y Strassmann. La alta energía que poseían los fragmentos resultantes de la fisión más los valores de masa de los elementos resultantes fueron interpretados a partir de la mencionada fórmula de Einstein $E=mc^2$. Posteriormente, Fermi mostró que durante el proceso también se emiten neutrones, y así comenzó a vislumbrarse la posibilidad de establecer una reacción en cadena que libere grandes cantidades de energía. Esto puede darse más o menos así: al fisurar

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

un núcleo impactado por un neutrón, libera otros neutrones que pueden impactar en otros núcleos para producir nuevas fisiones. Para tener una idea de las magnitudes implicadas, la energía que a nivel molecular liberan los explosivos clásicos como la dinamita o el TNT son del orden de decenas de electrón-volts (una unidad de energía utilizada a nivel atómico). En cambio la fisión libera valores del orden de los millones de electrón-volts.

El descubrimiento de la fisión y la posibilidad de establecer una violenta reacción en cadena cobró relevancia frente a los acontecimientos de esa época: había comenzado la Segunda Guerra Mundial. Así, debido al potencial bélico que implicaba el dominio de la fisión nuclear, en 1940 la comunidad científica estableció una censura voluntaria de publicaciones de ese fenómeno.

En 1941 Seaborg descubrió el Plutonio, un elemento artificial transuránico, que como el uranio es fisil (es decir, factible de fisión) y por lo tanto también capaz de ser utilizado eventualmente con fines militares. Ya para julio de 1939, es decir, meses antes del inicio de la guerra, cuatro científicos de primer nivel —Szilard, Wigner, Sachs y Einstein— establecieron un contacto epistolar con el Presidente Roosevelt explicándole la posibilidad de construir una bomba atómica basada en el uranio, y la inconveniencia de que la Alemania nazi alcance ese objetivo. Como consecuencia de estas gestiones, se destinó una pequeña cantidad de 6000 dólares para conseguir los materiales que permitiesen una prueba experimental de la reacción en cadena. Después de una serie de estudios e informes los cuales indujeron decisiones políticas, el Cuerpo de Ingenieros (US Army Corps of Engineers) dirigidos por el general Groves inició el trabajo. Comenzó el "Proyecto Manhattan" ("Manhattan District" o "Manhattan Project"), que manejaba la información en un marco de seguridad militar.

Aunque se conocía mucho acerca de las reacciones nucleares, aún había una gran incerteza acerca de su uso práctico. Para superar estas dudas, se derivaron líneas de investigación a diversas instituciones.

Habiendo entrado los Estados Unidos en la guerra con Pearl Harbor (diciembre de 1941), los trabajos tomaron gran ímpetu. La posibilidad de que Alemania estuviese detrás del desarrollo de armas nucleares fue un estímulo para el trabajo de los científicos norteamericanos, la mayoría de los cuales trabajaban en sus universidades. Ellos y sus alumnos postergaban sus trabajos habituales para "enlistarse"

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

en alguna fase del proyecto (aunque, según está documentado y contrariamente a lo supuesto en ese momento, en ese momento los alemanes hacían muy poco para llegar a la bomba atómica).

El Proyecto Manhattan consistió en varios programas paralelos. El mayor esfuerzo estuvo en Estados Unidos, en cooperación con Reino Unido, Canadá y Francia.

Uno de los primeros problemas que se plantearon era que el uranio natural no era un buen medio de conseguir la reacción en cadena (requerida para construir armamento). Este elemento posee naturalmente de un 0,7 por ciento de un isótopo (el mismo elemento con diferente peso), el Uranio 235, que es el realmente fisiónable. Por lo tanto fue necesario desarrollar una técnica de "purificar el uranio" para aumentar la concentración del isótopo 235. Esto se denominó "enriquecimiento de uranio". Por otro lado, el Plutonio —explícitamente el isótopo 239 que es el necesario para fisiónar— se obtenía de la irradiación de uranio natural con neutrones. Fue necesario desarrollar una técnica para extraerlo a partir de este proceso. Esto se llamó el "reprocesamiento" del uranio (o combustible nuclear) irradiado.

Finalmente se llegó al experimento crucial para el éxito del proyecto Manhattan, que fue el primer escalón para los desarrollos nucleares posteriores: en la Universidad de Chicago un grupo de científicos dirigidos por Enrico Fermi construyó un dispositivo —el primer reactor nuclear— que fue denominado "pila atómica", agrupando bloques de grafito —elemento que actuaba como moderador, esto es "frenado" de los neutrones que surgen a gran velocidad de la fisión— y esferas embebidas en óxido de uranio y uranio metálico (estas esferas cumplían el rol de combustible nuclear). En su interior se dejó espacio para introducir unos dispositivos, las "barras de control", que eran varas de madera enchapadas con hojas de cadmio. Una de las barras caería automáticamente si el número de neutrones presentes alcanzaba valores excesivos. Otra estaba unida a un contrapeso por medio de una sogá, la que sería cortada por un hacha de ser necesario. Tanques conteniendo sustancias absorbentes de neutrones, como sales de cadmio, estaban disponibles para ser volcadas en la pila en caso de emergencia.

El 2 de diciembre de 1942, el experimento tuvo éxito. Se logró una reacción en cadena autosostenida (la primera). Esto implicó dos

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

cosas: la posibilidad de construir una bomba nuclear a partir del uranio y también la posibilidad de fabricar plutonio en grandes cantidades que surge simplemente de la irradiación del uranio usado como combustible nuclear, que luego puede ser "reprocesado".

Este logro aumentó las posibilidades de desarrollar armas nucleares, y con ese fin se construyeron varios reactores en Hanford, Estado de Washington, Estados Unidos. En 1944 ya producían plutonio por kilos. En el primer reactor nuclear la potencia disipada (calor o energía por unidad de tiempo) era muy baja. Los reactores siguientes para la producción de plutonio trabajaban en rangos de potencia mucho mayores.

En Los Alamos, Nuevo México, se estableció un laboratorio de investigación bajo la dirección de J. Robert Oppenheimer. Así la teoría y el experimento llevaron al desarrollo de las armas nucleares, la primera de las cuales fue probada en Alamogordo, Nuevo Mexico, el de julio de 1945, para que finalmente en agosto de ese año fueran usadas en Hiroshima y Nagasaki, con las tremendas consecuencias por todos conocidas.

b) La proliferación nuclear

Como se sabe, el tema no terminó ahí. La Unión Soviética pronto tuvo sus armas nucleares, luego sobrevendría la bomba de hidrógeno o de fusión nuclear.² Posteriormente Francia, China, la India se sumaban a los países con armas nucleares. Surgió el tema de la proliferación nuclear. El temor de la comunidad internacional a la proliferación nuclear llevó a promover la firma de dos tratados relevantes: el de Tlatelolco y el TNP (Tratado de No Proliferación). El primero de ellos data de 1967 y aspira a lograr la proscripción del armamento nuclear en América Latina. Los países firmantes se comprometen a utilizar con fines pacíficos el material y las instalaciones nucleares existentes en sus jurisdicciones.

Especifica también que para cumplir ese compromiso deben someter todas sus instalaciones al control del sistema de salvaguardias

²Fusión nuclear es el fenómeno por el cual dos núcleos se unen para conformar otro (generalmente se unen dos núcleos de hidrógeno para conformar helio), liberando en este proceso una considerable cantidad de energía, mayor que la que produce el proceso de fisión nuclear ya explicado. Este fenómeno fue utilizado para desarrollar bombas muchísimo más mortíferas que las que estallaron en Hiroshima y Nagasaki, que eran de fisión.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

(un sistema de controles internacionales) de la OIEA (Organización Internacional de Energía Atómica). Este establece inspecciones periódicas sobre aquellas instalaciones que involucren material potencialmente utilizable desde un punto de vista militar, o instalaciones proliferantes. Las principales instalaciones proliferantes son los reactores nucleares, las plantas de enriquecimiento de uranio, de reprocesamiento, y de producción de agua pesada³, que es el insumo moderador de los reactores de uranio natural, que son grandes productores de plutonio.

El Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP), de 1968, que aspira a evitar la proliferación de armas nucleares a nivel mundial, generó algunas controversias. El motivo es la diferenciación entre países poseedores y no poseedores de armamento nuclear. Esto significa que el Tratado reconoce Estados primera y de segunda categoría, donde un reducido grupo de países, poseedores de armas atómicas, se considera responsable y confiable en su "correcta utilización". Los demás Estados miembros se comprometen a no adquirir ni producir armas atómicas, y a aceptar las Salvaguardias del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Sin embargo tiene ambigüedades: como Tlatelolco, no prohíbe el desarrollo de submarinos de propulsión nuclear ni las explosiones con fines pacíficos.

Tampoco la autoridad de la OIEA está bien definida. Este tratado fue firmado por 102 naciones. Han existido casos como la India, país originalmente signatario, que desarrolló explosivos nucleares posteriormente a su adhesión.

4. Los reactores nucleares

Después de la Segunda Guerra Mundial, fue creada la Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos (United States Atomic Energy Commission). Esta agencia civil tenía incumbencia en el manejo y desarrollo de los programas nucleares de Estados Unidos. Por otro lado, la marina de dicho país estuvo desde un principio interesada en la posibilidad del uso de los reactores nucleares (dada la gran potencia que se puede extraer de los mismos) como medio de propulsión naval, en primera instancia para submarinos. La virtud principal que se busca-

³ El agua pesada es químicamente agua corriente, que en su composición tiene deuterio en lugar de hidrógeno. El deuterio es un isótopo estable del hidrógeno, que pesa el doble del mismo.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

ba lograr era la de viajar largas distancias con alta velocidad sin necesidad de cargar combustible. Adicionalmente, el submarino podría permanecer sumergido mucho tiempo porque los reactores nucleares no consumen oxígeno. El desarrollo de este tipo de propulsión se debe al almirante H.G. Rickover, cuyo grupo se instaló en Oak Ridge en 1946, y luego supervisó la construcción en Idaho de un prototipo en tierra para finalmente llegar en 1955 a la construcción del primer submarino nuclear, el Nautilus. Así comenzó la serie de submarinos nucleares, como también de portaaviones, barcos cargueros, rompehielos, etc.

La empresa Westinghouse adaptó el mencionado reactor naval como elemento motriz para una planta de generación eléctrica, la que se construyó en Shippingport, Pennsylvania. Estos reactores, productores de energía eléctrica, se los conoce como Centrales Nucleares.

Esta primer Central comenzó a operar en 1957 con una potencia de 60 MW⁴ eléctricos, su combustible era dióxido de uranio enriquecido, estando refrigerada y moderada con agua liviana. Este fue el primer reactor comercial. Al utilizar agua presurizada, pasó a denominarse popularmente como PWR (*Pressurized Water Reactor*) [Fig. 3]. Otro programa desarrollado por Argonne consistía en estudiar la posibilidad

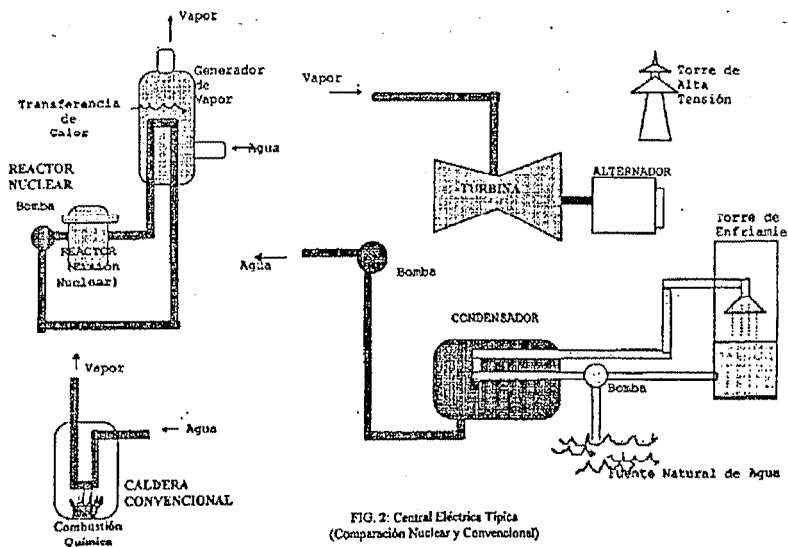


FIG. 2: Central Eléctrica Típica
(Comparación Nuclear y Convencional)

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

de generar el vapor para la turbina directamente en el reactor, a diferencia de los otros conceptos que necesariamente debían pasar por un intercambiador de calor, para dar lugar al circuito de vapor o secundario. Una vez demostrada la seguridad intrínseca de este tipo de reactores, la empresa General Electric desarrolló los reactores de ciclo directo BWR (*Boiling Water Reactor*). El primer reactor comercial de este tipo entró en operación en Dresden, Illinois, en 1960 (Fig. 4)

Así, sobre la base de los PWR y los BWR, Westinghouse y General Electric estaban en condiciones de entrar al mercado con plantas de 500 MWe,⁵ en forma competitiva frente a los combustibles fósiles.

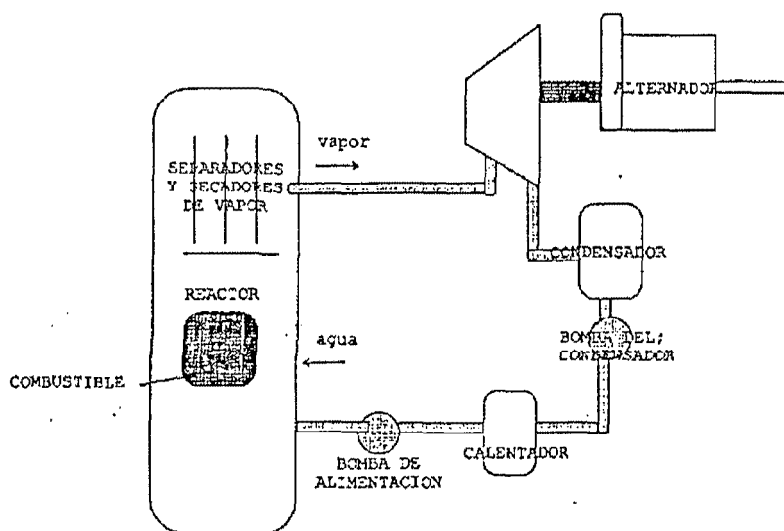


FIG. 4: ESQUEMA DE UNA CENTRAL BWR

Como consecuencia, en el período entre 1965 y 1970 la instalación de Centrales nucleares en Estados Unidos fue fenomenal, llegando a 88.000 MWe, lo que representaba más de un tercio de toda la demanda eléctrica. En tan corto lapso se llegó a que un 25 por ciento de la

⁴ 1 MW= 1 megavatio – un millón de watts, equivalente a la potencia necesaria para encender 10000 lámparas de 100 watts.

⁵ Megavatios eléctricos. Se hace la diferenciación porque se trata de la potencia extraída del generador de la planta nuclear. Los megavatios térmicos, otra forma de expresar la potencia de una Central Nuclear, se refiere a la potencia del reactor, o el calor que entrega, y es del orden del triple de los megavatios eléctricos.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

electricidad de Estados Unidos fuera generada por energía nuclear.

La ventaja de la producción nuclear de electricidad (Fig. 2) reside en lo barato del combustible nuclear y en la fenomenal proyección de

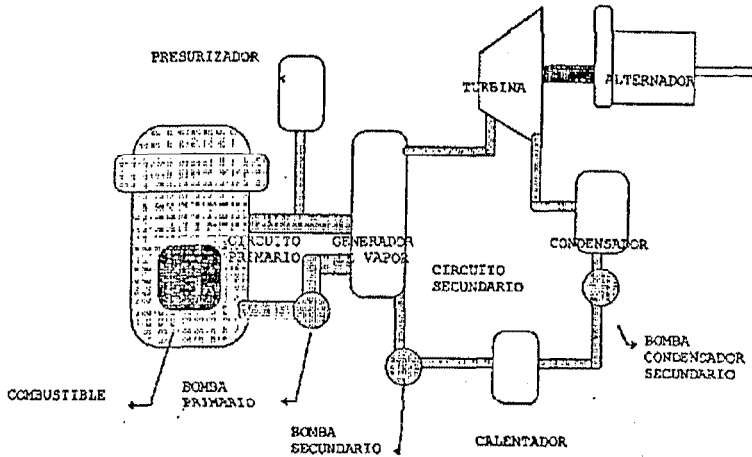


FIG. 3: ESQUEMA DE UNA CENTRAL PWR

las reservas, entendiéndose por tales la cantidad de años de uso del elemento a partir de la disponibilidad del mismo. Para el caso del uranio es del orden de decenas de años. Se amplían en un orden de magnitud con el uso del plutonio para generar energía eléctrica, las reservas pasarían a ser de cientos de años; y existe otro elemento fisionable, el torio, que se encuentra en avanzado proceso de desarrollo. En este caso las reservas se extenderían por miles de años.

Por otro lado, siempre como variantes de la tecnología PWR y BWR, en otros lugares del mundo se constituyeron empresas privadas como por ejemplo la alemana Siemens, o estatales como la francesa Framatom, que desarrollaron sus propios diseños de reactor. Esto se dió en Inglaterra, Alemania, Francia, Suecia, y Canadá entre otros. Algunos adoptaron el esquema BWR, y otros el PWR, o variantes de estos. Por ejemplo, Alemania desarrolló reactores cuyo combustible es dióxido de uranio natural y moderados con agua pesada, como es el caso de nuestra Central Atucha I. Canadá inventó un interesante concepto sobre la base del PWR, presurizando sólo parcialmente el nú-

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

cleo usando también agua pesada y uranio natural (en lugar de presurizar el gran recipiente se hace lo propio con los canales que contienen al refrigerante y combustible, los llamados "tubos de presión"). Este concepto, llamado CANDU (*Canadian Deuterium Uranium*), es el de la Central Nuclear de Embalse.

Existen otros tipos refrigerados a gas como los ingleses y los reactores soviéticos (VVER, RBMK).

Para 1992 los 110 reactores de potencia de Estados Unidos generaban 99.470 MWe, esto es más del 20 por ciento del total del parque eléctrico. Por otro lado en el resto del mundo había 302 reactores más con una potencia de 222.654 MWe.

Como conclusión de los puntos 3 y 4 de este trabajo podemos señalar lo siguiente:

El crecimiento de la energía nuclear, una fuente novedosa, fue fenomenal en sólo 40 años.

Es importante destacar un nuevo diseño de organización científico tecnológica, que llegó al éxito no sin una considerable inversión económica y la acción coordinada de distintos sectores de la sociedad, que incluían tanto universidades y laboratorios estatales como empresas privadas.

Mas allá del horror del armamentismo nuclear, que continuó hasta la actualidad con nuevos desarrollos, en esta breve historia se puede apreciar lo que puede la dedicación de científicos, ingenieros y otros trabajadores unidos para el logro de objetivos nacionales, junto con el esfuerzo de diseño y construcción de la industria, en este caso la estadounidense.

Por otro lado es importante que el lector tenga claro lo siguiente. A diferencia de otros emprendimientos tecnológicos, el desarrollo nuclear muestra claramente la evolución científico-tecnológica desde los sectores básicos hasta el desarrollo. Además, se ven los múltiples caminos en que derivaron las diferentes líneas. Se aprecia un programa nuclear como el estadounidense, con conducción unificada, donde la delegación de trabajo en diferentes instituciones, con metas claras y concretas, sirvió para alcanzar el objetivo final culminando en la transferencia a los sectores privados.⁶

6- Este modelo sirve para cualquier tipo de objetivo científico-tecnológico. De hecho, Estados Unidos lo usó en su desarrollo espacial. No es excluyente el que el objetivo tenga que ver con la industria alimenticia, por ejemplo.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

Por lo tanto se identifican claramente los objetivos hacia los cuales debe estar dirigida una política nuclear, motivo del presente trabajo. Vimos que en primer lugar el objetivo estuvo orientado a la Defensa, y así surgieron los explosivos y los medios de propulsión naval. Luego aparece el dominio de la energía, donde hemos apreciado la enorme magnitud de reservas que el dominio del átomo trae aparejada. Y no hay que dejar de mencionar que para alcanzar estos fines hay que atravesar un largo camino a través de una formidable organización científico-tecnológica.

Luego, el trazado de una política nuclear trata implícita o explícitamente de líneas en Ciencia, Tecnología, en Energía y en Defensa Nacional.

5. Energía nuclear en Argentina

Ahora bien, mientras todo esto pasaba en el mundo... ¿Cómo andaban las cosas por aquí? Pues bien, el Estado argentino impulsó el uso de la energía atómica desde 1950, manteniendo una línea dentro de la cual se lograron avances y retrocesos.

En la primera mitad del siglo XX no existían en Argentina científicos que hubieran participado activamente en el desarrollo de la energía nuclear. Existieron los esfuerzos dispersos de algunas universidades, y algún físico que habiendo estudiado en el exterior, intentó fomentar su trabajo dentro del país, siempre dentro del área básica de investigación. Este fue el caso del Dr. Gaviola, un verdadero precursor, que fue alumno de muchos famosos en el mundo de la Física de los años '20 y '30, como el mismo Einstein.

El nacimiento de la Comisión Nacional de Energía Atómica en 1950, inauguró el único proceso autóctono de desarrollo tecnológico, nacida desde la investigación básica y llegada en su madurez a la producción industrial. Este organismo fue la principal herramienta de la política nuclear argentina hasta fecha muy reciente, y es por ello que a pesar de los aportes de otros organismos —como algunas universidades— la historia de la energía atómica en nuestro país es la historia de la CNEA.

La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) fue creada el 31 de mayo de 1950 a través del decreto 10936/50, del primer gobierno del general Perón. Su origen estuvo asociado al llamado "Proyecto Huemul", un temprano intento de dominar la fusión nuclear por el

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

Dr. Ronald Richter. Más allá del fracaso en que terminó la experiencia, sea porque los antecedentes de Richter no estuviesen a la altura de sus pretensiones, o bien por algún otro motivo que no es el objeto analizar aquí, ese mismo gobierno fue el que asesorado por físicos destacados como el Dr. Balseiro puso fin al proyecto Huemul en 1952.

Como habíamos visto arriba, el gran desarrollo experimentado por la energía atómica a partir de la década del '40, estuvo ligado al esfuerzo bélico de la Segunda Guerra Mundial. En efecto, el desarrollo del armamento nuclear puso en manos de pocas potencias la capacidad de destruir el planeta, por primera vez en la Historia humana. Pido al lector que tome conciencia del verdadero significado de este emprendimiento. En esos tiempos de postguerra, la Argentina, un país de escasa gravitación mundial, adquiría una tecnología estratégica de primer nivel. Se trató entonces del primer esbozo de política nuclear ejercida por el Estado argentino.

Diferentes autores han especulado sobre el propósito inicial, pacífico o bélico, de la CNEA. Pido al lector que me excuse de ingresar en un tema del cual se puede escribir mucho más que lo poco que se menciona aquí, pero los hechos parecen indicar que el dominio de la energía nuclear tuvo como principal propósito un fin político: la obtención de una poderosa herramienta de negociación internacional. Y en el aspecto práctico se puede agregar la necesidad de energía eléctrica para el ambicioso plan de desarrollo industrial vigente en esos años.

A pesar del fracaso de Richter, la CNEA continuó su existencia y creció ajena a ellos. No es mi intención hacer una historia de la Institución, que es un tema que merece un aparte y cuyo estudio puede dar lugar a la publicación de un libro. Sin embargo podemos mencionar que hubo un período fundacional como el presidido por el coronel E. González: (1950-1952) y el almirante P. Iraolagoitia (1952-1955). Períodos extensos de consolidación, como el del almirante O. Quihillialt (1955-1973), y nuevamente Iraolagoitia (1973-1976), que protegieron a la institución (y a sus integrantes) de los turbulentos tiempos políticos de esos años.

Durante el Proceso de Reorganización Nacional estuvo al frente de CNEA el almirante C. Castro Madero (1976-1983), que tuvo un gran apoyo político y económico, y una notable exhibición ante la población, con planes de expansión que en cierta medida estaban en contraposición a las políticas nacionales de esa época que llevaron a la

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

Nación a una situación extremadamente difícil. Posteriormente, el período democrático, con las gestiones del Ingeniero A. Constantini (1983-1987) y la Dra. Emma Pérez Ferreira (1987-1989), donde se inició un replanteo de la actividad nuclear, y el último presidente antes de la reestructuración de CNEA, el Dr. Manuel Mondino (1989-1994).

Hasta ese momento, la CNEA había pasado de ser el organismo pequeño que era en su origen a tener dos Centrales Nucleares en operación (Atucha I y Embalse), una en construcción (Atucha II), una planta de agua pesada industrial y múltiples actividades de investigación y desarrollo que van desde la parte médica hasta la parte agropecuaria, con reactores de investigación y producción de radioisótopos. En 1994, después de la sanción del Decreto 1540, las Centrales Nucleares se separaron de CNEA, conformando la empresa Nucleoelectrónica Argentina SA en vías de ser privatizada, y la Autoridad Regulatoria Nuclear, que depende del Ministerio de Economía. A su vez, la actual CNEA depende de la Secretaría de Ciencia y Técnica. La ley que regula la actividad nuclear convalida estos cambios (promulgada en abril de 1997).

Ahora bien, ¿qué dejó la CNEA hasta hoy? En otras palabras, ¿cuál fue el resultado de la política nuclear (o las políticas nucleares trazadas en los sucesivos años) llevada(s) a cabo en el país? En primer lugar debemos decir que desde el punto de vista de la Defensa, en nuestro país jamás se inició, al menos oficialmente, ningún intento de construir un explosivo nuclear. Existió, durante la gestión de Castro Madero, un proyecto de reactor de uso naval, pensado para un submarino. Pero no pasó a ser concretado. Existieron también proyectos que pueden ser denominados "proliferantes", esto es, capaces de llevar a la construcción de explosivos nucleares, como fueron el de la Planta de Enriquecimiento y el de la Planta de Reprocesamiento iniciadas también bajo la gestión de Castro Madero (recordemos que habíamos visto que el enriquecimiento permite obtener uranio apto de ser usado militarmente, y el reprocesamiento plutonio; de cualquier manera es justo aclarar que el fin de estos proyectos no era, en principio, obtener material para hacer bombas atómicas, sino para ser utilizado como combustible de reactores nucleares). Pero a pesar de los considerables recursos destinados a estos proyectos, jamás fueron concretados. En otras palabras, el uso de la energía nuclear en Argentina estuvo orientado hacia fines pacíficos.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

Aclarado este punto puedo agregar que el desarrollo de la energía nuclear en Argentina, permitió alcanzar altos niveles en diversos temas. Es importante señalar que a partir de un objetivo tecnológico como era la construcción de reactores nucleares, CNEA se vio obligada a cubrir los huecos que tenía la estructura tecnológica de nuestro país, a diferencia de los países desarrollados. Fundamentalmente se logró un alto grado de dominio tecnológico en lo asociado a materiales (metalurgia, cerámicos, etc.) y combustibles nucleares. Se completó el "ciclo combustible", es decir, se alcanzó la fabricación de los combustibles nucleares desde las minas de uranio hasta el reactor nuclear. El desarrollo de los elementos combustibles de las Centrales Nucleares completó un camino que naciendo en la ciencia básica llegó hasta la producción industrial (con la convergencia de una gran cantidad de disciplinas). Esto ha sido algo inédito en Argentina. En estas áreas de materiales y combustibles se llegó a alcanzar lo que se denomina "masa crítica" (ver punto 2). Lo mismo puede decirse en cuanto al uso y aprovechamiento de las radiaciones, para usos médicos, agropecuarios, industriales, etc.

A pesar de esto el desarrollo en tecnología de reactores nucleares no alcanzó niveles equivalentes. Esto contradice el hecho que desde sus primeros años los esfuerzos de CNEA estuvieron concentrados en la construcción de reactores, arrancando con la construcción e inauguración del RA1 en 1958, hasta el RA3, reactor experimental y productor de radioisótopos que opera en el Centro Atómico Ezeiza, construido íntegramente en el país. Si bien respondía a un diseño proveniente de Estados Unidos cada una de sus partes fue elaborada en la CNEA, o en alguna empresa nacional (el uranio enriquecido era importado). De hecho se llegó al "dominio de la tecnología" en este tipo de reactores, lo que permitió la construcción y exportación de variantes como el caso del reactor RP10 de Perú, el reactor NUR de Argelia y el reactor de Egipto. Todos estos emprendimientos fueron sin duda exitosos. Pero no hay que dejar de señalar que el RA3 y sus variantes son lo más avanzado que logró concretar la CNEA, como proyecto argentino de reactor nuclear.

En efecto, existen etapas que deben ser superadas en el desarrollo de reactores nucleares. Después del diseño básico se debe construir una "facilidad crítica", o reactor de potencia "cero" (en realidad no es nula, sino muy baja). Este reactor permite evaluar el comportamien-

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

to nuclear de los elementos combustibles (algo así como un túnel de viento, que se usa para probar la aerodinamia de los autos o los aviones). Posteriormente se pasa al reactor en sí (caso del RA3), o a un prototipo de potencia intermedia (esto si el objetivo es alcanzar una Central Nuclear de generación eléctrica) antes de llegar al producto final. Este procedimiento se siguió en el desarrollo que culminó en el RA3, donde la facilidad crítica fue el RA2.

Ahora bien, habiendo construido el RA3, era previsible pasar al desarrollo de un reactor de mayor envergadura, para la generación eléctrica. Teniendo en vista esto, surgieron ya en la época del almirante Quihilialt inquietudes tendientes al desarrollo de una Central Nuclear de diseño nacional. Dado que se había optado por la línea uranio natural-agua pesada, se concibieron alternativas tendientes a alcanzar el objetivo. El primer proyecto fue el RA5 (durante la segunda gestión del almirante Iraolagoitia), una facilidad crítica de agua pesada, con uranio natural de combustible. Por otro lado, siendo el objetivo alcanzar altas potencias, además de la facilidad crítica era necesario ensayar los combustibles en dispositivos denominados "loops termohidráulicos" (se contaba con el loop de "baja presión" en el Centro Atómico Constituyentes, y el de "alta presión" en Ezeiza).

El Proyecto continuador del RA5 era el RA7, un reactor de potencia intermedia capaz de producir electricidad (del orden de 50 MW eléctricos), también moderado con agua pesada y combustible uranio natural. Este reactor estaba concebido con tecnología de tubos de presión (período del almirante Castro Madero). Tanto el RA5 como el RA7 nunca fueron concretados, con lo cual el desarrollo de Centrales de tipo Uranio Natural-Agua Pesada quedó trunco. Problemas presupuestarios y el esfuerzo volcado a la construcción de grandes obras como Atucha, Embalse y otras dificultaban la concreción de los emprendimientos.

Hacia 1983 surgió el Proyecto CAREM, una pequeña central eléctrica del tipo uranio enriquecido moderado con agua liviana, lo que implica un cambio de línea. Si hoy esto significara abandonar el uranio natural, sin duda es discutible ya que el país no ha completado la planta de uranio enriquecido, por lo tanto se ve obligado a adquirirlo en el exterior. Mientras que por otro lado actualmente se cuenta con una de las Plantas productoras de agua pesada más grandes del mundo (en Arroyito, provincia de Neuquén) y mucha experiencia en

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

la fabricación de elementos combustibles de uranio natural, y en la operación de los reactores de uranio natural-agua pesada. De cualquier manera, la facilidad crítica del CAREM es el RA8, que ha sido recientemente inaugurado en Pilcaniyeu, cerca de San Carlos de Bariloche, provincia de Río Negro.

Al día de la fecha, si bien está concluida la construcción de su facilidad crítica, el CAREM no ha sido concretado a pesar de los años esfuerzos dedicados al mismo.

En conclusión, el desarrollo nuclear argentino logró que nuestro país acceda al dominio tecnológico en alto grado, entendiendo por tal el conocimiento en profundo y la posibilidad de innovación, quedando algunos vacíos en el área de desarrollo de reactores nucleares.

Ahora bien, mas allá de los logros, este proceso retuvo un aspecto discutible que conspiró con la difusión tecnológica: la investigación y el desarrollo se originó y se mantuvo fundamentalmente dentro de la institución. O sea, se generó un ámbito con poca interacción con la periferia nacional, sobre todo con el sector privado, entendiéndose por tal no aquellas empresas que cumplieron el papel de simples contratistas del Estado, sino las que deberían ser generadoras de nuevas tecnologías para poder competir con fuerza en el exterior, caso de General Electric y Westinghouse, en Estados Unidos, Siemens en Alemania, ASEA ATOM en Suecia, etc.

A partir del decreto 1540 y la ley que rige la actividad nuclear, se inicia un período de cambio en el sector nuclear argentino (que por lo pronto ya no sólo abarca a la CNEA, sino a la Nucleoeléctrica Argentina y la Autoridad Regulatoria). Como todo cambio, implica riesgos pero también grandes oportunidades de corregir errores.

6. Los desafíos Actuales de la Energía Nuclear.

En los últimos diez años, las condiciones económicas, sociales y tecnológicas que enmarcaban la actividad nuclear han cambiado de manera considerable tanto en la Nación como en el mundo. A nivel internacional pueden mencionarse una serie de hitos que han influido fuertemente:

- Desde el punto de vista "civil", podemos señalar los accidentes de Three Mile Island, de 1979 y de Chernobil, de 1986.⁷ Estos hechos

⁷ El 28 de marzo de 1979 se produjo un accidente en la unidad 2 de la Central de

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

impactaron en la opinión pública mundial, desacreditando a la nucleoelectricidad como fuente de energía. De hecho, ha sido una consecuencia inmediata las restricciones para el licenciamiento de nuevas plantas nucleares en Estados Unidos, encareciendo su operación al punto de dejarlas, económicamente, fuera de competencia.

- En el aspecto "militar", el fin de la Guerra Fría significó el desarme de los grandes arsenales atómicos. Por este motivo bajó el costo de los combustibles nucleares, al haber mayor disponibilidad de

Three Mile Island (PWR). Un error de operación sumado a una falla de diseño, dejó al núcleo sin refrigeración en parada, lo que provocó la destrucción parcial del núcleo con una liberación de una cantidad reducida de vapor radiactivo al medio ambiente. Las consecuencias en daños personales fueron nulas. La dosis de radiación recibida por el público fue menor que la causada por una radiografía. A pesar de esto se provocaron evacuaciones preventivas, en especial de las mujeres embarazadas, lo que impactó negativamente en el público.

El accidente de Chernobil, ocurrido en la madrugada del 26 de abril de 1986, consistió básicamente en una conjunción de fallas humanas y de diseño de la planta. El motivo del accidente se originó en una serie de pruebas que con el fin de mejorar la seguridad, se iniciaron en el reactor, del tipo RBMK (un diseño soviético). Errores graves de operación, con violación de normas y falencias de diseño llevaron a un pico de potencia que destruyó la mitad superior del núcleo del reactor, y alguna de las paredes de ambos lados, arrojando material radiactivo al medio ambiente. Las víctimas fatales inmediatamente después del accidente fueron de alrededor de 30 personas. Una proyección estadística hecha por la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), a los 10 años del hecho, indica que en la región comprendida por la ex-Unión Soviética y parte de Europa, 30.000 personas podrían morir de cáncer dentro de los próximos 50 años, como consecuencia del accidente. A pesar de que parece ser una cifra enorme, esta cifra es estadísticamente pequeña, aunque sin duda desde el punto de vista humano 30.000 muertes es una catástrofe. Pero al respecto hay que aclarar que aproximadamente el 20 por ciento de las personas mueren de cáncer por cuestiones ajenas a la energía nuclear, como por ejemplo, el tabaco, la alimentación, etc. Este porcentaje varía anualmente en 2 por ciento hacia arriba o hacia abajo. Las 30.000 muertes anunciadas en 50 años están inmersas en millones de personas que fallecerán de cáncer por cuestiones ajenas a Chernobil, y representan menos del 1 por ciento del 20 por ciento citado. Por otro lado se encuentra dentro de la banda de variación estadística. Ahora bien, entiendo que este análisis parece ser demasiado "frío", sobre todo para el lector que no esté acostumbrado a tratar con temas de estadística. Estoy lejos de minimizar el accidente de Chernobil. Al respecto di una conferencia en la UIA al cumplirse el décimo aniversario y puedo ampliar el tema en algún otro artículo. Lo que quiero enfatizar es lo siguiente: ante accidentes no nucleares como por ejemplo los de Bophal (la India) y de Seveso (Italia), se suelen computar las víctimas en el momento de producirse pero jamás se hace una proyección a 50 años. Y en los mencionados accidentes, de tipo químico, las secuelas deben ser similares o peores a las de Chernobil. La diferencia está en que no existe alguna organización que basada en los mismos pida el fin de la industria química.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

material fisil en el mercado. De hecho, en estos momentos disminuye la preponderancia del armamento nuclear como medio disuasivo frente a otras alternativas. Esto no significa que el riesgo de guerra nuclear haya desaparecido, pero la adhesión de nuevos países al Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP), entre ellos el nuestro, lo hace muy improbable.

Argentina fue miembro firmante del Tratado de Tlatelolco, pero no lo ratificó sino hasta 1992. Tlatelolco da ciertas posibilidades: por ejemplo el artículo 5 permite el uso de la energía nuclear para la propulsión, quedando abierta la posibilidad del desarrollo tanto de submarinos como de navíos de superficie si las circunstancias lo requirieran. Tampoco se opone al desarrollo de artefactos explosivos con fines pacíficos.

La firma del TNP, concretada por nuestro país en 1995, facilita aún más la transferencia de tecnología. Por lo tanto el balance no deja de ser positivo en el actual contexto mundial.

En estos momentos, todas las instalaciones nucleares argentinas están bajo el sistema de salvaguardias, desde las Centrales Nucleares, hasta la Planta de Agua Pesada (PIAP). Eventualmente estarían incluidas las Plantas de Enriquecimiento y de Reprocesamiento, cuya construcción hoy está paralizada.

Por lo descrito arriba es una realidad lo siguiente:

- Ha disminuído (sin desaparecer) la connotación estratégico-militar que se le asignaba al proceso atómico.
- La aparición, en los últimos años, de un nivel de aprensión social respecto a la generación de energía por métodos nucleares.

A esto se pueden agregar otra serie de eventos que afectaron el prestigio de la actividad en el ámbito nacional: un accidente ocurrido en el reactor RA2 en 1983, que le costó la vida a su operador, el activismo de los grupos ecologistas argentinos y extranjeros y en otro orden de cosas, la postergada Atucha II, aún no concluída, que significa una fuerte pérdida de prestigio de la nucleoelectricidad frente a los demás medios de generación.

No hay que dejar de mencionar la incidencia de la ley 24.065, que implica un nuevo marco regulatorio de la actividad eléctrica. Esta ley obliga a competir a los generadores eléctricos en costos de generación. La baja de precios de los combustibles fósiles sumado a la aparición de yacimientos gasíferos importantes hacen que:

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

- Actualmente, la energía nuclear no guarde la importancia que tenía antes en la generación eléctrica, dado que la demanda está cubierta, a partir de la reparación del equipamiento y el reemplazo del material térmico obsoleto, por parte de los inversores privados. Hoy es considerada una fuente más junto al gas, fuel-oil o la hidroelectricidad.

- Por la ley 24.065 la prioridad de la generación está establecida para los generadores de costo más bajo. Esto obliga a que las Centrales Nucleares generen a costos competitivos, en un esquema de libre competencia frente a las demás fuentes de generación.

Por lo tanto, y dado el contexto que describimos arriba, es un error plantear el tema nuclear en términos que dejaron de tener vigencia, como algunas personas —seguramente bien intencionadas pero con poca información— insisten permanentemente, mientras que en el otro extremo están los que extienden el certificado de defunción a la tecnología nuclear en nuestro país ignorando que la realidad presente no ha quitado validez a una serie de hechos:

- En primer lugar, el desarrollo nuclear argentino permitió alcanzar y completar todos los estadios científico-tecnológicos, desde la ciencia básica hasta la producción, un hecho prácticamente inédito en Argentina. La transferencia de tecnología al sector privado, si bien no ha sido concretado con la amplitud que hubiera sido deseable, sigue siendo una posibilidad real.

- En segundo lugar, la necesidad de energía es ineludible. Si bien la prospección muestra que la nucleoelectricidad recobrará un protagonismo recién en una década, actualmente alrededor del 20 por ciento de la electricidad en el mundo y cerca de un 10 por ciento en nuestro país, son generadas por medios nucleares. Por este motivo carecen de fundamento científico los cuestionamientos provenientes de determinadas organizaciones no gubernamentales, referidos a la obsolescencia de la energía nuclear como medio de generación eléctrica. Por otro lado, el impacto ambiental de la energía nuclear es uno de los más bajos, siendo superado solamente por el gas natural como una forma de generación de menor incidencia.⁸

⁸ El tema de la energía nuclear y el medio ambiente merece una análisis aparte, que podría ser encarado en alguna otra publicación, con datos numéricos, dada la extensión. Pero es importante señalar que los temas que hacen a la radiación emitida al me-

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

- En tercer lugar, la injerencia de la Energía Nuclear en temas de Defensa Nacional no se acaba en la fabricación de explosivos. Existen posibles proyectos o variantes que pueden ser analizados, como se verá más adelante.

Pero sin duda, para que exista un futuro para la energía nuclear en Argentina, es necesario reformular un esquema que habiendo servido por cuarenta años, ha quedado atrás.

Esto debe hacerse sin preconceptos y teniendo presente que el verdadero servicio a la Nación pasa por adecuar los instrumentos de crecimiento, en este caso la Energía Nuclear, identificando los verdaderos beneficios y evaluando objetivamente las cuestiones que se mantienen por razones históricas.

7. Tendencias mundiales

La actualidad muestra una atenuación del gran impulso que tuvo la construcción de centrales nucleoelectricas en décadas pasadas. Pero a pesar de esto, países como Rumania, Corea, China y Japón, continúan con ambiciosos proyectos de expansión. Por ejemplo, Rumania inauguró el primer reactor de la Central Nuclear de Cernavoda, hace pocos meses. Por otro lado, Corea lanzó la construcción de nuevas Centrales Nucleares de uranio natural. China tramita con los canadienses la adquisición de varios reactores CANDU, y Japón acumula plutonio para poder utilizarlo en sus propias Centrales Nucleares. Todo esto sin mencionar a Francia, país cuya generación eléctrica es de aproximadamente un 75 por ciento nuclear.

Pero más allá de esta realidad, la necesidad de energía lleva a que muchos más países tengan planes de expandir su parque generador nuclear.

En lo inmediato, el desarrollo actual de los nuevos reactores, fundamentalmente los denominados "inherentemente seguros", introdu-

dio, los residuos nucleares y la seguridad de las plantas nucleares, sobre todo las occidentales, son cuestiones que están maliciosamente exageradas por alguna organización no-gubernamental, o bien son tratadas en base a mala información. Las plantas nucleares son de las más seguras del mundo, a pesar del accidente de Chernobyl. La radiación liberada al medio ambiente es muy baja y no afecta al mismo. Y el problema de los residuos no es grave. Esto no significa que no haya que tratar con cuidado a la energía nuclear, ni tratar convenientemente a los residuos, ni mucho menos. Sino que es mucho más segura y menos contaminante que la mayoría de las fuentes convencionales, como por ejemplo el carbón.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

cirá una nueva generación libre de algunos de los problemas que pueden plantear los que hoy funcionan. Estos reactores son versiones mejoradas a los actuales, que tienen sistemas de seguridad de tipo "pasivo", es decir que no dependen del hombre ni de ningún dispositivo mecánico para que actúen, sino de la Naturaleza misma, como puede ser la Ley de la Gravedad. Por ejemplo, la refrigeración de un reactor por medio del movimiento de agua refrigerante por simple diferencia de temperatura y forzando su "convección natural" (es la misma ley que hace que el aire caliente tienda a subir). Más adelante, la necesidad de energía hará necesario la introducción de reactores convertidores y reproductores.⁹ Y esta situación llevará en el futuro a reprocesar el combustible usado, cosa que están llevando adelante Francia y Japón, entre otros países, pero no con fines bélicos, sino para obtener nuevo combustible nuclear de uso civil.

Como vimos, el reprocesamiento permite recuperar el plutonio y hacer uso del mismo. Esto implica un fuerte incremento de las reservas energéticas. Pero además tiene impacto en el tema de los desechos radiactivos: el plutonio es un elemento altamente contaminante por lo que es deseable eliminarlo a través de su utilización como elemento fisionable, originando así elementos menos riesgosos, que demandan un tiempo mucho menor de decaimiento.

8. Propuesta argentina para el mediano y el largo plazo

Vuelvo otra vez a agradecer a mi sufrido y paciente lector, que ha llegado a este punto, habiendo pasado de Demócrito a las Centrales Nucleares en tan pocas líneas. Respecto a otros momentos de la Historia Argentina, se percibe una diferencia enorme al entrar en escena múltiples mecanismos de participación del pueblo que antes no tenían tanta fuerza. Y al referirme al pasado, no pienso sólo en los gobiernos de facto. La diferencia está en la información. Por lo tanto la política nuclear deberá ser la guía donde se desenvuelva la cuestión atómica, sin perder de vista que en esta sociedad democrática, más aún con el avance de la información y su fuerte inserción social, cada paso o línea nueva deberá ser justificada ante el ciudadano, que siempre tendrá la última palabra.

Para definir los objetivos políticos buscados, debemos tener pre-

⁹ Los reactores convertidores y reproductores son tipos de reactores nucleares que producen plutonio que puede ser reutilizado para producir más energía eléctrica.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

ente que se trata de metas nacionales. Esto es, trascienden lo institucional. No tiene sentido fuera de un marco político global que las acompañen.¹⁰ Y por supuesto es el Estado el impulsor de las políticas (me refiero básicamente a CNEA). Y la acción del mismo debe reflejarse aun en el caso de los sectores privados o privatizables, como el nucleoelectrónico. Se trata de definir, en un contexto realista, con qué elementos debe contar la Nación en el mediano plazo. Vamos a enumerar las políticas y los objetivos por áreas:

a) Reactores Nucleares

Actualizar y mantener al día la tecnología de reactores nucleares.

El ejecutor estatal de esta política debe ser la CNEA. Se debe seguir de cerca la evolución de los reactores actuales. Esto se debe extender a otras líneas como reactores conversores, reproductores y aun fusión. En la medida en que los flujos de fondos lo hagan posible, deberá encararse la construcción de un nuevo reactor que permita hacer experiencia en un contexto evolutivo tecnológico. En esta línea se podría incluir una facilidad crítica multipropósito (que permita estudiar varios tipos de reactores). Sería interesante plantear un esquema de colaboración en el marco del Mercosur.

El objetivo es estar en capacidad de dominar en el más alto grado posible, la tecnología de los reactores de última generación. Pero un desafío a cumplir es lograr la participación privada en un módulo generador de envergadura (300-600 MW eléctricos). Es deseable la misma siempre y cuando esta sea algo más que el rol de un simple contratista. Sería importante que una empresa privada argentina tenga su propio diseño de reactor nuclear, y estar dispuesto a ofrecerlo al mercado nacional y mundial. Por ejemplo, este reactor puede surgir a partir de una evolución de los proyectos de CNEA, de uranio natural-agua pesada (hablamos antes del RA7), o bien del mencionado reactor CAREM. También puede ser el resultado de un convenio con alguna otra empresa extranjera, (por ejemplo, Westinghouse, que ofreció a CNEA participación en su proyecto AP600, o bien con Atomic Energy of Canada Limited [AECL]).

¹⁰ Aquí vale la pena recordar el período del Proceso de Reorganización Nacional, donde en un contexto de achicamiento industrial se lanzó un Plan Nuclear ambicioso de construcción de seis Centrales Nucleares antes de fin de siglo, sin contar las demás grandes obras iniciadas. Esto era una evidente contradicción.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

b) Combustibles e insumos nucleares

Actualizar y mantener al día la tecnología de combustibles nucleares, e insumos nucleares.

El ejecutor estatal debe ser la CNEA, y pueden participar en el desarrollo inversores privados. Desde un punto de vista estratégico, tanto en el aspecto tecnológico como en el energético, la tecnología de combustibles nucleares debe ser mantenida en constante evolución, siguiendo las tendencias mundiales. Más allá del abaratamiento del combustible nuclear importado, CNEA deberá tener una participación en la fabricación del combustible nacional que mantenga la capacidad adquirida después de muchos años de trabajo y al mismo tiempo desarrollar nuevos conceptos, a ser ensayados en facilidades críticas, y en loops termohidráulicas. Quedan temas a abordar como el del uso del uranio levemente enriquecido en las Centrales Nucleares — programa que ya está en marcha— el uso de la mezcla uranio-plutonio, que implica no abandonar los temas de reprocesamiento, ni el enriquecimiento.

Por otro lado, se debe continuar con la exploración y prospección de nuevos yacimientos uraníferos. Al mismo tiempo se deben alentar las actividades en agua pesada y aleaciones especiales, donde ya se cuenta con plantas de producción funcionando y participación del capital privado. En este ítem se debe alentar la producción fundamentalmente orientada tanto al consumo interno como a la exportación.

El objetivo final de esta línea política es mantener vivo el sector de combustibles e insumos nucleares en condiciones de ser requerido en el momento adecuado.

c) Reprocesamiento, residuos de alta actividad y desmantelamiento de plantas

Actualizar y mantener al día los conocimientos de tecnología para la disposición final de los residuos nucleares y el desmantelamiento de los reactores nucleares.

El ejecutor estatal debe ser la CNEA, y pueden participar en el desarrollo inversores privados. Sin lugar a dudas, tanto la disposición final de los residuos como el desmantelamiento de los reactores de potencia que hoy operan serán actividades que en algún momento deberán ser llevadas a cabo. Más aún, deberán ser llevados a cabo independientemente de la evolución de la energía nuclear en Argentina.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

Si bien el volumen de los residuos nucleares no es grande,¹¹ por lo que no hay una urgencia inmediata para construir un repositorio donde se destinen los residuos, el desmantelamiento de la central Atucha I, la más antigua, será una cuestión a plantearse en algo menos que una década, aunque se estén iniciando tareas para extender su vida útil. Por esta razón, aunque no se trata de emprendimientos para llevar a cabo en lo inmediato, es imperativo mantenerse al día siguiendo la evolución tecnológica, para que en el momento en que se tome la decisión sea sobre la base de las últimas técnicas disponibles.

El reprocesamiento permite disminuir el volumen y los tiempos de decaimiento de los residuos radiactivos, facilitando su tratamiento. De ahí la relación entre ambos temas. El reprocesamiento, que implica la recuperación del plutonio, tiene implicaciones sensitivas, que han hecho que países como Estados Unidos prohíban su realización con fines comerciales para no alentar la proliferación.

Argentina deberá estar en condiciones de reprocesar en el futuro mediato. Pero debe ser enfatizado el hecho de que no es un tema en el que deba actuar con urgencia, porque los volúmenes a tratar son pequeños y no existen mayores inconvenientes en mantener los combustibles usados en las mismas Centrales Nucleares. Ahora bien, la tendencia indica que en una década el tema cobrará fuerza. En los próximos años se contará con nuevas tecnologías, tal vez no proliferantes y más baratas. Por este motivo, y dado el tiempo con que se cuenta, no es necesario definir una línea en el mediano plazo. Pero sí es importante contar con una experiencia mínima que permita seleccionar con idoneidad el camino a elegir. Es decir, estar en condiciones reales de trazar un plan estratégico global que se proyecte a reactores convertidores y reproductores, sin dejar de lado la participación de la inversión privada.

Respecto al tema de los residuos nucleares de alta actividad, las metas son similares. Se cuenta con tiempo suficiente como para esperar los avances que obtengan otros países más desarrollados y mu-

¹¹ El volumen que representan por kilovatio eléctrico instalado es muchísimo menor que para los otros tipos de generación. A fuerza de ser reiterativo se puede comparar una planta de carbón de 1.000 megavatios eléctricos, la cual quema cada 24 horas aproximadamente 11.000 toneladas de carbón, produciendo unas 300 toneladas de dióxido de azufre y 5 toneladas de cenizas liberadas directamente a la atmósfera. Una planta nuclear de la misma potencia produce aproximadamente 500 metros cúbicos de residuos por año, en gran parte de muy baja actividad, que no son liberados al medio ambiente.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

cho más urgidos por contar con un destino final para sus residuos de alta actividad. Es por lo tanto conveniente esperar un tiempo prudencial para definir la mejor solución.

d) Energía Atómica, Ciencia y Tecnología

Alentar trabajos conjuntos con otros organismos de Ciencia y Técnica.

El ejecutor estatal debe ser la CNEA, otros organismos de Ciencia y Técnica, y empresas privadas de alta tecnología.

El trabajo coordinado con otros organismos de Ciencia y Técnica nacionales y provinciales es fundamental para los intereses nacionales, en la búsqueda de la integración de la tecnoestructura productiva nacional.

La investigación y el desarrollo en el campo de la energía nuclear —tanto en reactores, insumos nucleares, etc.—, traen como resultado la aparición de productos tecnológicos de aplicación industrial, médica y otras. La transferencia de estos productos al sector productivo es un desafío que debe llevarse a cabo. Por esto el sector nuclear debe actuar en forma sistémica con el Sistema Científico-Tecnológico Argentino, de acuerdo a un esquema que favorezca su integración, y favorezca a la transferencia tecnológica.

e) Energía nuclear y Defensa Nacional

Desarrollar un reactor nuclear compacto.

Los ejecutores estatales deben ser las dependencias del Ministerio de Defensa que conciernan (Ej.: CITEFA), en coordinación con la CNEA. Sin embargo, tengo que enfatizar que en especial esta línea política debe surgir del más alto nivel político de la Nación, excediendo en mucho el ámbito del área nuclear.

Sin embargo, es mi opinión que Argentina debe contar con desarrollos en reactores compactos, aptos para la propulsión nuclear y brindar energía a bases militares aisladas. De hecho Brasil tiene proyectos de este tipo, y podría plantearse alguna colaboración dentro del seno del Mercosur.

f) Docencia y difusión

Promover la difusión de la energía nuclear dentro de la opinión pública y la comunidad educativa.

Los ejecutores estatales deben ser el Ministerio de Educación y la

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

CNEA, con el apoyo de los sectores privados afines al sector.

Una manera de contrarrestar la aprensión del público frente a la Energía Atómica —debida a la acción de ciertos grupos ecologistas— es la presencia de la CNEA no sólo en los medios, sino a través de una inserción en el ámbito educativo, para lo cual se recomienda iniciar tareas conjuntas con el sector, con la introducción en los programas educativos.

Para que la Nación pueda contar con la energía nuclear en el futuro, es necesario rebatir la acción de grupos u ONG que actúan causando el rechazo de la población por los temas nucleares. El objetivo es que la población pueda evaluar correctamente las ventajas y desventajas, lejos de los prejuicios y la información maliciosa.

g) Protección al medio ambiente

Alentar los desarrollos en el campo de la industria ambiental.

El ejecutor estatal debe ser la CNEA, y pueden participar en el desarrollo inversores privados.

Dentro de las tecnologías que CNEA maneja, que abarcan ámbitos más allá de lo estrictamente nuclear, deben ser priorizadas las “técnicas ambientales”. En efecto, la “industria ecológica” está llegando a nuestro país a paso firme. Todas las actividades industriales están sujetas a normas a que surgen partir de la Secretaría de Medio Ambiente. Por ejemplo la ley de Residuos Peligrosos (24.051), obliga a gestionar los desechos en forma adecuada. La experiencia ganada en más de 40 años de tratar con sustancias radiactivas y altamente tóxicas hacen apta a CNEA para encarar la temática. Son ejemplos de eso las técnicas desarrolladas para el tratamiento de pilas y barros cloacales.

h) Generación de empresas

Actuar como centro maternal de empresas de alta tecnología.

El ejecutor estatal debe ser la CNEA, que debe desarrollar una nueva función: constituirse en un centro maternal de empresas privadas de alta tecnología. Esto significa, favorecer la creación de emprendimientos —generalmente pequeños— que hagan uso de las tecnologías desarrolladas en la CNEA, las exploten comercialmente, y que tengan el apoyo de la CNEA en lo que hace a su infraestructura inicial. Pasado un cierto período, asumirán totalmente su riesgo empresarial, y en la medida que mayor sea su éxito, mayor será el rédito de la CNEA co-

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

mo generador no sólo de empleo, sino también de tecnología.

1) Investigación, Desarrollo y Recursos Humanos

Continuar las líneas existentes de Investigación y Desarrollo, y formación de Recursos Humanos.

Los ejecutores estatales deben ser la CNEA y el Ministerio de Educación.

Históricamente la CNEA se ha apoyado en los grupos de investigación básica y aplicada como medio de cimentar sus desarrollos. La investigación llevada adelante en los campos de la física, química, radioquímica y radiología le han dado a CNEA un prestigio internacional considerable. Mas allá de las líneas vinculadas a los materiales, reactores y combustibles, es necesario continuar con la actividades que más allá de un eventual rédito económico en el largo plazo, permite contar con recursos humanos de altísima calificación.

Esto se encuentra estrechamente ligado a la formación de profesionales, ya sea a través del Instituto Balseiro y demás dependencias de CNEA como por los diversos cursos de grado y postgrado dictados por la Institución.

9. Conclusiones Finales

Después de este paseo por los temas atómicos, si la prosa y la lógica no me fallaron, el lector tendrá elementos como para afirmar que la energía nuclear está vigente tanto en el aspecto científico-tecnológico, como en el energético, como en el estratégico-militar.

En Argentina, de acuerdo a la nueva legislación, la materia nuclear será competencia de CNEA, de la Autoridad Regulatoria y del sector empresario nucleoelectrico (y nuclear en general). En principio, el Estado Nacional tendrá su expresión en el área a partir de CNEA y la Autoridad Regulatoria. El sector empresario podrá tener o no participación estatal, pero esto no debe cambiar su orientación.

Dentro de este esquema:

1) La función del empresariado será fundamentalmente de explotación, operación y mantenimiento de las instalaciones nucleares, que incluyen no sólo las del parque nucleoelectrico sino también las que hagan diferentes usos de la radiación. Esto no descarta los desarrollos que pueden ser llevados a cabo por las empresas, en colaboración o no con otros organismos. Este es el sector dinámico de la industria nuclear.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

2) La función de la Autoridad Regulatoria es dar el marco jurídico y de control de todos los usos de la energía nuclear. Es un rol clave, al que el Estado no puede renunciar. Representa el equilibrio de los intereses privados o estatales con la seguridad nuclear.

3) La CNEA, como agencia gubernamental dedicada a la energía atómica, debe a su vez trazar las líneas de acción tendientes a generar los espacios en donde puedan crecer las diferentes actividades de aliento a la Investigación y Desarrollo y su difusión al sector productivo. La Comisión Nacional de Energía Atómica es por lo tanto la herramienta por excelencia que define la política nuclear.

Los proyectos emanados de CNEA (como agencia gubernamental) serán movilizados de los demás organismos de Ciencia y Técnica, universidades, el sector privado, etc. Estos emprendimientos, donde la inserción social es fundamental, serán los que mantengan viva a la actividad nuclear.

El mundo por venir estará basado en la Ciencia y la Tecnología. Dentro de ella, la Energía Nuclear sigue ocupando un lugar relevante. Sin duda, el mantenimiento y una evolución razonable del nivel alcanzado por nuestro país es una tarea que los dirigentes de hoy le deben a los argentinos de mañana. Sin energía nuclear, como hay quienes desean, nuestro país tendrá un brazo menos para poder trabajar por la felicidad del pueblo y la grandeza de la Nación. Y para que esto sea posible, es necesario que el tema no se convierta en algo ni de "iniciados" ni de pseudo-ecologistas, sino de todos nosotros.

CNEA no pasará a ser entonces un sello que evoque viejas glorias del pasado, sino una herramienta útil para el desarrollo futuro.

SOBRE POLÍTICA NUCLEAR...

Referencias

- Calabrese, C. R., *Sobre la Energía Nuclear y Daño Ecológico*. Trabajo presentado en el Seminario Estado y perspectivas de la actividad nuclear en la argentina, organizado por la Honorable Cámara de Diputados de la Nación, del 14 al 16 de octubre de 1992.
- Castro Madero, Carlos - Takacs, Esteban A., *Política Nuclear, Avance o retroceso*. Ed. El Ateneo, Buenos Aires, 1991.
- Cavoti C. R., Apuntes de clase la materia Ciencia y Tecnología. Escuela de Defensa Nacional, 1993.
- Mariscotti, Mario, *El Secreto Atómico de Huemul*. Ed. Sudamericana-Planeta. 1983.
- Quiles, Ernesto - Rey, Francisco - Martin, Marcelo, *Expansión del sistema eléctrico argentino*. Argonne National Laboratory, 1994.
- Rhodes, R., *Nuclear Renewal, Common Sense About Energy*. Whittle Books-Viking, 1993.
- Toffler, Alvin - Toffler, Heidi, *La Guerra de la Tercera Ola comenzó en el Golfo*. Serie de artículos periodísticos publicados en *La Nación* de Buenos Aires, 12, 13 y 15 de abril de 1991.