

# REACTOR, RADIOISOTOPOS Y ENERGIA NUCLEAR: SUS AVATARES EN VENEZUELA

MARCEL ROCHE

"the over-ambitious promise —which naturally could not be fulfilled— to transform the economic and cultural situation by the magic wand of a highly sophisticated scientific technique has done a great deal of harm, discrediting 'science' in the eyes of politicians, intellectuals and practical men".

MICHAEL J. MORAVCSIK and JOHN M. ZIMAN

("la promesa desmedidamente ambiciosa —que desde luego no podía ser cumplida— de transformar la situación económica y cultural mediante la varilla mágica de una técnica científica altamente refinada ha hecho mucho daño, desacreditando la 'ciencia' ante políticos, intelectuales y hombres prácticos").

MICHAEL J. MORAVCSIK and JOHN M. ZIMAN

La decisión de poner en marcha un programa de Energía Atómica puede estar basada sobre tres razones distintas: para fines de investigación, para usar la fisión como fuente de energía, o para objetivos militares. La tercera razón aparentemente no ha debido tener influencia sobre la política nuclear en Venezuela<sup>1</sup>. En 1954, cuando se estaba llegando a la decisión de construir un reactor nuclear, ninguna de las otras dos razones tenía urgencia, pues, por un lado, el número de científicos activos era pequeño y, por el otro, los combustibles hidroeléctrico y fósil abundaban.

La decisión de construir un reactor de investigación de regular tamaño (3MW) fue tomada por un solo y ambicioso individuo, respaldado por un gobierno dictatorial que anhelaba prestigio, y que pronto (1958) cayó bajo la presión de fuerzas democráticas. Aunque el programa atómico fue continuado por el nuevo régimen, ha tenido éxito muy limitado.

En este trabajo el desarrollo científico de Venezuela durante los últimos 20 años se describe brevemente, con referencia especial a su pro-

grama nuclear y de radioisótopos. Se discute asimismo la base para el desarrollo de la energía nuclear en Venezuela, con énfasis en los científicos, los ingenieros y otros que han llevado adelante el programa.

## El país

Venezuela está situada en la zona tropical húmeda, con el mar Caribe hacia el norte, Brasil hacia el sur, Guyana hacia el este y Colombia hacia el oeste. Su superficie es de 912.050 Km<sup>2</sup>. En 1954, momento cuando las primeras decisiones nucleares se estaban haciendo, tenía aproximadamente 6 millones de habitantes, con una tasa de crecimiento de cerca del 4 por ciento por año (Eight Census, 1950)<sup>2</sup>. El ingreso *per capita* en la actualidad es de US dólares 2.415, el mayor de Latinoamérica (aunque todavía muy desigualmente distribuido).

En el siglo XVIII, el cacao era la exportación principal, en el XIX el café, y, a partir de los años 20 del presente siglo, el petróleo. En los años cuarenta, Venezuela fue el segundo productor de petróleo en el mundo, después de los Estados Unidos, y el mayor exportador. Desde entonces, aunque su posición relativa haya bajado, el petróleo sigue siendo el producto de exportación principal, ya que Venezuela deriva de él el 65 por ciento de su presupuesto y el 92 por ciento de su ingreso externo. En 1978, la producción promedio fue de 2.165.530 barriles por día<sup>3</sup>

del cual el 13 por ciento era utilizado en el mercado doméstico (Ministerio de Energía y Minas, 1977). Las reservas se estimaban, para 1977, en 18.043 millones de barriles, sin contar los amplios depósitos de petróleo bituminoso al margen del río Orinoco.

La ciencia, y aún menos la tecnología, había florecido poco en Venezuela hasta alrededor de 1950. No hubo ciencia colonial —al contrario de lo que ocurrió en México y en lo que es hoy Colombia, donde movimientos científicos significativos se manifestaron durante el período de pre-independencia (Roche, 1976). En Venezuela, durante el siglo XIX, surgieron científicos aislados; en 1831 se fundó la Academia de Matemáticas; una reforma de los estudios médicos, comenzada por José María Vargas rector de la Universidad Central de Venezuela (UCV) nombrado por Simón Bolívar en 1827, mejoró mucho la calidad de los estudios de Medicina. Pero la situación política inestable no permitió el desarrollo de un movimiento científico significativo. De acuerdo con Salcedo Bastardo "entre los años de 1830 y 1935, no menos de 354 sucesos sangrientos y violentos mayores... hacen de la inestabilidad y la zozobra el clima del proceso nacional" (Salcedo Bastardo, 1976, p. 459). Sucesivas dictaduras, en particular la larga y cruel de Juan Vicente Gómez (1908-1935) obstaculizaron el progreso. Comenzando en 1936, varios gobiernos de transición, de naturaleza más democrá-

\* Esta es una versión castellana del capítulo titulado "Nuclear Energy Decision-Making in Developing Nations: The Case of Venezuela", contenido en el libro *Nuclear Energy in Developing Countries: An Analysis of Decision-Making*, James H. Katz y Onkar Marwah, editores. D. C. Heath Co., Lexington, en prensa.

tica, se sucedieron; se desarrollaron partidos políticos y prevaleció una cierta libertad. Se hizo alguna investigación agrícola y biomédica, esta última particularmente a partir de la llegada del eminente fisiólogo catalán Augusto Pi Suñer, en 1939, quien fundó el Instituto de Medicina Experimental en la Universidad Central de Venezuela (UCV).

De 1945 a 1948, estuvo en el poder una Junta Democrática de Gobierno, existió total libertad de prensa y se realizaron elecciones por sufragio universal. El Gobierno elegido de Rómulo Gallegos fue derrocado en 1948 por una Junta de Gobierno, que se convirtió en 1952 en una dictadura, la del general Marcos Pérez Jiménez respaldado y alentado, en 1956, por la bonanza de petróleo que resultó de la crisis de Suez. La Universidad se cerró temporalmente en 1952 y muchos de sus mejores profesores la abandonaron o fueron expulsados.

### Los principios del movimiento nuclear

El comienzo del movimiento nuclear (si se puede llamar así el uso práctico de radioisótopos) en Venezuela, se debió a médicos que tomaron cursos en el uso de isótopos radiactivos y los aplicaron en su ejercicio médico o en la investigación. Francisco De Venanzi, quien fuera más tarde Rector de la UCV, fue el primero en tomar tal curso, en 1949, en la Universidad de California, instalando luego un laboratorio en la misma UCV, en 1951. Este desarrollo fue interrumpido cuando la Universidad fue clausurada por el Gobierno dictatorial<sup>4</sup>. En 1952, después de la clausura de la Universidad, se fundó el Instituto de Investigaciones Médicas, Fundación Luis Roche (FLR) y fue allí, de 1954 en adelante, donde fueron utilizados los primeros radioisótopos, en investigación médica y biológica (bocio endémico, anemia rural, función tiroidea) por Francisco De Venanzi, Karl Gaede, Andrés Gerardi, María Enriqueta Tejera, Miguel Layrisse y Marcel Roche. Allí también se ofreció el primer curso sobre manejo de radioisótopos, en febrero de 1957, bajo la dirección de Jacob Sacks, de la Universidad de Arkansas.

En 1954, Humberto Fernández Morán, brillante biólogo y electromicroscopista venezolano, adiestrado en Alemania, Estados Unidos y Suecia, fundó el Instituto Venezolano de Neurología e Investigaciones Cerebrales (IVNIC), cuyo objetivo principal era

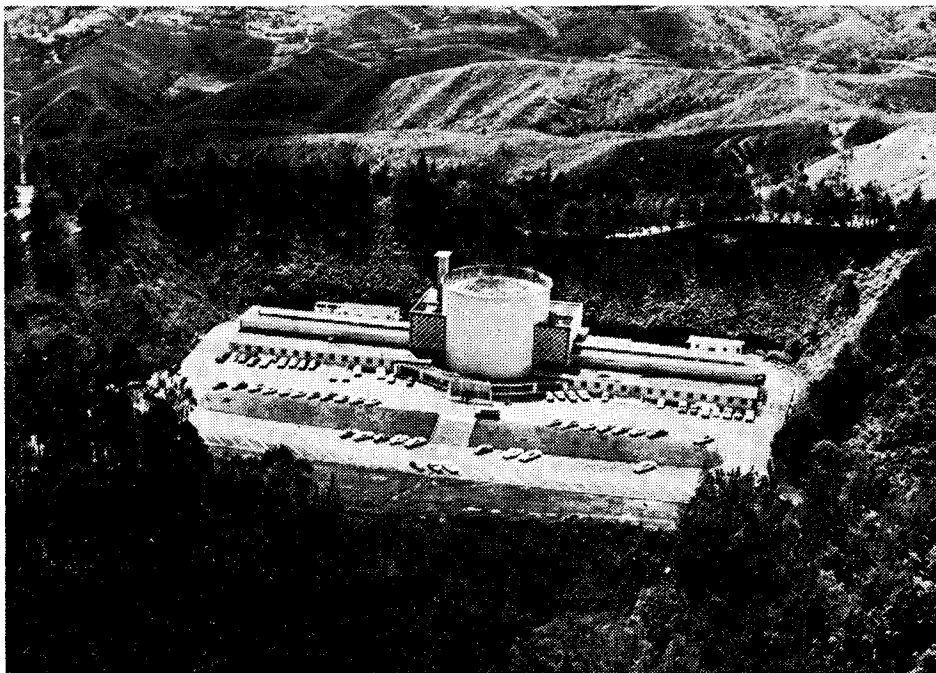


Fig. 1 - Edificio de Física, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Altura 1.700 metros sobre el nivel del mar. En el cilindro central se encuentra ubicado el reactor RV-1.

hacer investigación sobre el cerebro, mediante el uso de técnicas matemáticas y biofísicas. El IVNIC fue instalado en un marco grandioso, una montaña con vista hacia Caracas, pero no logró atraer personal científico permanente, debido a la atmósfera autoritaria que allí reinaba, igual que en el resto del país. En junio de 1955, bajo el programa del Presidente Eisenhower *Atomos para la Paz*, se firmó un convenio de colaboración entre Venezuela y los Estados Unidos, en base al cual estos últimos donarían US dólares 300.000 para la construcción de un reactor nuclear<sup>5</sup>. También bajo el ímpetu de Fernández Morán y con el respaldo total del dictador, se firmó un contrato con la Compañía General Electric para la construcción de un reactor de investigación "llave en mano", de tipo piscina, que funcionaría con uranio enriquecido al 20 por ciento y con un flujo potencial de neutrones de  $10^{13}$  n cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. La arquitectura del edificio se confió a la Compañía Shaw, Metz and Dolio, de Chicago; Walter Zinn, de la General Nuclear Engineering Corporation, Dunedin, Florida, fue utilizado como consultante. La evaluación del sitio fue realizada por K. O. Donelian y sus asociados, de la Nuclear Development Corporation of America. Las instalaciones experimentales serían dos columnas térmicas, dos canales horizontales de 8 pulgadas, cuatro de 6 pulgadas, dos canales transversales de 3 pulgadas, cinco cestas de irradiación para experimen-

tos en el núcleo, y seis tubos verticales.

El entusiasmo de Fernández Morán creció durante la Conferencia de 1955 sobre Energía Atómica efectuada en Ginebra, donde hizo muchos contactos con técnicos y científicos. La comunidad científica venezolana no fue consultada.

Durante el proceso de planificación, poco se hizo para adiestrar personal para la operación y el uso del aparato. Solamente un ingeniero, Carlos Gago, y un técnico, Gustavo Artiles, fueron enviados a los Estados Unidos para su adiestramiento. Se hizo una lista de investigaciones que incluían todo lo que *podía* teóricamente hacerse con el reactor en los campos de biofísica, medicina, física, química, bioquímica, agronomía, etc. Se hizo contacto con tres ingenieros norteamericanos, James Nance y William Blessing, ambos de General Dynamics, y John S. Handloser, del Laboratorio Nacional de Brookhaven (radio-física sanitaria). El ingeniero Sven Svendsen, un noruego-americano de la Compañía Shaw, Metz and Dolio, estuvo encargado de la construcción.

### La comunidad científica venezolana

En la época cuando se comenzaba a construir el reactor, la comunidad científica venezolana era pequeña. Bajo la dictadura, la Universidad no funcionaba bien; no había personal

permanente en el IVNIC y solamente el pequeño grupo de la Fundación Luis Roche estaba haciendo investigación con radioisótopos. El crecimiento de esta comunidad, hasta 1975, se muestra en la Tabla I. No había en el país ningún físico, mucho menos físico nuclear o ingeniero nuclear. La Escuela de Física en la Universidad Central fue fundada solo en 1958, después de la revolución que derrocó a Pérez Jiménez, y fue recién en 1963 cuando los primeros físicos venezolanos recibieron su licenciatura. A muchas personas les pareció que el proyecto del reactor era por lo tanto prematuro, ostentoso y motivado principalmente por el prestigio que podía representar. A pesar de todo ello, en el "Informe de actividades efectuadas durante los años civiles 1954-1955 y 1955-1956", se proclamaba (página 8): "el IVNIC logró la inclusión de Venezuela en el círculo de naciones a la vanguardia en materia de investigaciones nucleares".

Guardando las distancias, la situación se parece en algunos aspectos al *cargo cult* ("Culto de las mercancías") de los antropólogos (Lanternari, 1961; Worsley, 1968; Burrigge, 1969). Esa forma de "culto del milenio", probablemente de gran antigüedad, asumió durante la última guerra en ciertas poblaciones de la Melanesia, en particular de Nueva Guinea, una modalidad relacionada con la tecnología moderna. Algunas poblaciones de esas áreas veían en la apropiación de barcos o aviones cargados de bienes tecnológicos del occidente un aporte mesiánico que habría de inaugurar una nueva época de felicidad, de poder y de riqueza. Tales cultos "basados en la creencia... de que el conocimiento industrial vendría en aviones a las selvas de Nueva Guinea y terminaría con la pobreza, la mala suerte y las dificultades de la vida" "...estaban frecuentemente asociados con líderes carismáticos conocedores de ambientes biculturales" (Burns, 1978, p. 165 y 169).

Para ser completamente justo, hay que reconocer que aquellos eran tiempos donde existía una fe generalizada en la ciencia y en sus bondades. Bajo la influencia de la propaganda de las grandes potencias, especialmente los Estados Unidos, se creía generalmente que la radiactividad llegaría a constituir una panacea para muchas de las dolencias de la humanidad.

Los planes ulteriores de Pérez Jiménez y de Fernández Morán en materia de energía atómica no se conocen. Sin embargo, puede señalarse que, cuando Pérez Jiménez fue entregado por

TABLA I  
NUMERO DE INVESTIGADORES CIENTIFICOS Y TECNOLOGICOS  
EN VENEZUELA

Año	1963 <sup>1</sup>	1967 <sup>2</sup>	1970 <sup>3</sup>	1973 <sup>4</sup>	1975 <sup>5</sup>	1981 <sup>6</sup>
Nº total de Investigadores	840	1746	2536	2809	3340	5000

Fuentes:

- 1) IVIC, 1965
- 2) Gasparini, 1969
- 3) Uzcátegui, 1973
- 4) CONICIT, 1975
- 5) CONICIT, 1977
- 6) Estimado

extradición por los Estados Unidos a Venezuela y juzgado por presunta malversación de fondos, declaró que, si hubiera permanecido en el poder, hubiera construido un "reactor atómico de gran potencia en la zona de la Gran Sabana, que nos permitiría una serie de realizaciones avanzadas para fines pacíficos de la utilización del átomo y también la posibilidad de fabricar armas atómicas secundarias". (Pérez Jiménez, 1968).

#### Desarrollo a partir de 1958

Desde enero de 1958, cuando una revolución democrática derrocó a Pérez Jiménez, Venezuela ha sido una democracia parlamentaria, con tres cambios pacíficos de partidos políticos. Humberto Fernández Morán se había identificado con Pérez Jiménez, primero como Director del IVNIC y, hacia el fin de la dictadura, durante unas dos semanas, como Ministro de Educación. Cuando Fernández Morán tuvo que dejar el país (con sueldo de Asesor Técnico del IVNIC) las fundaciones del reactor nuclear habían sido terminadas y Venezuela estaba comprometida a pagar, o había ya pagado, el 75 por ciento del costo del proyecto nuclear. De lo contrario, el proyecto se hubiera sin duda archivado. Un comité, compuesto principalmente por científicos, fue constituido por el Gobierno Provisional con el fin de que aconsejara sobre qué decidir con respecto al IVNIC. Después de pesar los pro y los contra, se decidió cambiar los objetivos del Instituto, convirtiéndolo en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), con metas más amplias, destinado a la investigación tanto básica como aplicada en las ciencias experimentales y las matemáticas. El comité luego decidió proseguir con el proyecto del reactor, principalmente por

que ya estaba demasiado avanzado para suspenderlo. La construcción se continuó, por tanto, siendo efectuada por Wannoni y Lacayo, una compañía venezolana que ganó la licitación. Se enviaron al extranjero cinco ingenieros venezolanos para su adiestramiento acelerado, y se inició un programa de becas en diversas especialidades, tanto en los Estados Unidos como en Europa. Ya para 1960 el edificio estaba terminado y el reactor instalado. Este último llegó a criticalidad el 12 de julio de 1960 bajo la supervisión de Fidel Alsina, un físico argentino, y de Gustavo Rada, uno de los cinco ingenieros venezolanos enviados previamente por el IVIC al extranjero. La utilización del reactor estuvo siempre signada por dificultades y problemas, no ciertamente físicos o mecánicos, sino humanos y debidos principalmente al desfase —imposible de escamotear por artificios verbales— entre una máquina costosa y avanzada para su época y el contexto sicosocial y científico real del país de entonces.

El programa del reactor se desarrolló durante la dirección sucesiva del IVIC de Marcel Roche (1958-1969), Raimundo Villegas (1969-1974), Luis Carbonell (1974-1980) y Miguel Layrisse (1980 a la fecha) todos ellos científicos biomédicos venezolanos. El reactor siempre fue dirigido y operado por ingenieros y científicos especializados.

Bajo el patrocinio del IVIC, un proyecto de Ley relativo a la Energía Atómica fue elaborado, en 1960, por los abogados Luis Enrique Farías (IVIC), J. R. Zambrano Velasco, Roberto Goldschmitt, Tomás Polanco y Enrique Pérez Olivares (Ministerio de Justicia). La Ley encontró oposición por parte del Consejo Nacional de Energía —dirigido en aquella época por el Ministro de Minas e Hidrocarburos, Juan Pablo Pérez Alfonzo, una figura políti-

ca venerada del partido Acción Democrática— y fue archivado. Nunca fue clara la razón por lo cual esto ocurrió, pero se oyeron muchos comentarios extraoficiales en el sentido de que se temía que un Consejo de Energía Atómica fuera a hacerle competencia al Consejo Nacional de Energía. En verdad, el texto de la propuesta Ley se dirigía casi exclusivamente a problemas legales de protección nuclear y de daños a terceros. Hasta la fecha, los isótopos se importan libremente en Venezuela.

Se hizo pronto patente que el personal para la operación del reactor era inadecuado y que el reactor iba a ser definitivamente sub utilizado. Por tanto, el Consejo Directivo del IVIC decidió, en 1961, cerrarlo temporalmente, mientras se adiestraba personal en el extranjero. Esta fue una decisión tomada internamente en el IVIC, sin que se llegara a consultar a políticos ni al Gobierno. El reactor permaneció cerrado hasta 1965, pero el Departamento de Radiofísica Sanitaria continuó funcionando bajo la dirección de Joaquín E. Solanas. Se abrió una Escuela de Isótopos, bajo la dirección de José A. Velandia, con el fin de impartir dos o tres cursos por año, y preparar así "clientela" para el reactor. Un total de once becarios en ingeniería nuclear y en física fue enviado al extranjero.

Mientras tanto, el IVIC se desarrollaba, con objetivos más amplios, en forma satisfactoria, particularmente en el campo biomédico que tiene la tradición más larga en el país. El programa de becas en física y en ingeniería, que continuó hasta 1965, fue sólo parcialmente exitoso. Es cierto que el personal que ya estaba trabajando con el reactor recibió adiestramiento avanzado en Europa y los Estados Unidos y que un Departamento de Física se inició en el Instituto en 1963, con la coordinación de Manuel Bemporad, como resultado de este programa, pero no fue posible reclutar un número significativo de nuevos físicos e ingenieros nucleares, a pesar de todos los esfuerzos que se hicieron. Los ingenieros estaban poco interesados, por lo lejos del momento cuando la fisión debería ser usada como fuente de energía, por los salarios bajos con relación a los que ofrecía la industria, y por la falta de *status* científico dentro de la comunidad académica. Los científicos venezolanos por su lado, resistieron la tiranía de la máquina. Pensaban que los aparatos deben ser comprados como resultado de una demanda por parte de un personal adiestrado y no que se deba

adiestrar personal por la presencia fortuita de una máquina.

Es así como el reactor, sin necesidades científicas definidas y sin previa consideración de las prerrogativas y preferencias de los científicos, fue resistido por ellos. Además, la importación de isótopos no tenía restricción alguna en Venezuela<sup>6</sup>. La industria venezolana era en su mayor parte propiedad extranjera, o afiliada a compañías extranjeras, y así utilizaba sus propias instalaciones cuando se necesitaban estudios con isótopos (en especial las compañías petroleras de los EE. UU. o del Reino Unido).

Algunas metas han sido alcanzadas, sin embargo. El personal del IVIC ha utilizado algunos isótopos hechos en el reactor, el primero de los cuales fue potasio radiactivo elaborado en agosto de 1961, poco tiempo antes del cierre del reactor, y utilizado en un experimento en el Departamento de Biofísica. El reactor ha operado regularmente desde 1965, en su mayor parte con personal venezolano y latinoamericano. En 1977, por ejemplo, operó durante 600 horas con un poder integrado de 1600 MW.

Para 1969, había once profesionales, cinco técnicos electrónicos, tres electricistas y tres técnicos de taller mecánico asociados con la operación del reactor; dos profesionales y ocho técnicos en el Departamento de Química Nuclear quienes hacían análisis por activación y elaboraban isótopos ( $Fe^{59}$ ,  $Au^{198}$ ,  $Rb^{86}$ ,  $Cs^{134}$ ,  $p^{32}$ ,  $Br^{82}$ ,  $K^{42}$ ,  $Na^{24}$ ,  $I^{131}$  y  $Mo^{99}$ ). El Departamento de Radiofísica Sanitaria constaba de tres profesionales y tres técnicos y había un "Grupo de Aplicación de Radioisótopos" con cuatro profesionales y cuatro técnicos que se proponían trabajar con la industria y el gobierno. Aunque no tuviese relación con el reactor, hubo también, de 1962 a 1970, un laboratorio de  $C^{14}$ , dirigido por Murray Tammer, que determinaba el carbono radiactivo por centelleo, a través de una síntesis completa de benzeno. Se analizaron múltiples muestras para los arqueólogos, tanto de Venezuela como de países vecinos (Rada, 1969). El estudio de la irradiación de alimentos con una fuente de cobalto se efectuó también, con poco éxito, igual como ha ocurrido en otras latitudes. Se ensayó, sin ningún éxito, esterilizar por irradiación el vector de la enfermedad de Chagas (*Rhodnius prolixus*) con el fin de reducir su número o erradicarlo. El estudio de la ecología del vector, por medio de *Rhodnius* marcado sí fue realizado exitosamente.

De 1967 a 1971, William Parker, un experto inglés de la Agencia Internacional de Energía Atómica de Viena, estuvo a cargo de la química nuclear en Venezuela. Se hizo una producción limitada de isótopos ( $Au^{198}$ ,  $Na^{24}$ ,  $K^{32}$ ,  $p^{32-33}$ ,  $S^{35}$ ,  $Mo^{99}$  y  $I^{131}$ ) y se prepararon generadores de radioisótopos ("vacas") de molibdeno-tecnicio para ser usados en estudios del cerebro, del hígado, etc. En química de la radiación, se utilizaron sistemas de dosimetría basados en la radiación inducida por cambios catalíticos en compuesto de metal carbonil y se estudiaron los efectos de campos de radio gamma puros sobre el fenómeno Szilard-Chalmers. Se llevó a cabo un extenso programa de activación.

En 1969, las actividades nucleares se reorganizaron. El conflicto sempiterno entre los ingenieros y los científicos fue en parte causa de esta reorganización. Hasta entonces, se habían hecho esfuerzos para mantener los ingenieros a un nivel aproximadamente igual al de los científicos. Sin embargo, con el cambio de administración, se introdujo una nueva política, de acuerdo a la cual los ingenieros debían convertirse en *investigadores* y asumir las mismas responsabilidades que los científicos (incluyendo la promoción en base a la publicación sometida a la crítica de sus pares) o simplemente aceptar ser considerados técnicos altamente adiestrados. Muchos ingenieros resistieron esta nueva política, aludiendo que las limitaciones implicadas no eran compatibles ni con su rol profesional ni con sus obligaciones. Eventualmente abandonaron el Instituto, siendo reemplazados por otros ingenieros. El tiempo de permanencia de ingenieros en el IVIC siempre ha sido corto.

El reactor perdió su relativa autonomía, directamente bajo el director del Instituto, y fue ubicado como parte del Departamento de Física. Fue evidente asimismo que el IVIC no podía competir ya en el mercado de los isótopos biomédicos, ya que no podía producir con ventaja los fármacos sofisticados que se requerían. Los planes para producir radioisótopos en cantidades apreciables se suprimieron, llevándose a cabo solamente una producción esporádica para uso interno en los laboratorios del Instituto y para la Escuela de Isótopos.

De 1970 a 1977, sin embargo, la química analítica basada en el reactor cobró ímpetu bajo la dirección del científico venezolano Joaquín Lubkowitz, quien trabajaba con trece cola-

boradores. Se diseñó y construyó un analizador semiautomático que permitía utilizar un método más confiable y más rápido para el análisis de yodo en fluidos biológicos, en el estudio del bocio endémico y el enriquecimiento de la sal con yodo. Se diseñó asimismo un método para la determinación rápida del mercurio total y ligado a productos orgánicos y se hicieron extensas medidas de su concentración en el atún, a través del análisis por activación. Se usaron diversos enfoques para analizar no destructivamente trazas de impurezas en una matriz, utilizando un componente de la matriz como estándar, etc. Se derivaron ecuaciones que relacionaban directamente la concentración de la impureza al tiempo de decaimiento después de la irradiación. El principio se aplicó al análisis de cristales de NaCl envenenados por Cd. Otro modelo matemático se derivó para el análisis no destructivo de aleaciones de oro sin necesidad de estándares. También se llevaron a cabo estudios de insecticidas marcados (Laboratory of the Issue, 1973).

Otro estudio que se realizó fue el de la impregnación de maderas tropicales con monómeros, tales como el metacrilato de metil y estireno, seguida por irradiación con una fuente de cobalto, con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas. El proyecto se efectuó con la ayuda de la Agencia Internacional de Energía Atómica de Viena, resultando técnicamente exitoso.

En agosto de 1977, doce de los catorce miembros del grupo de Química Nuclear (junto con todo el Departamento de Petroquímica del Instituto) fueron transferidos por orden del Ejecutivo al recién creado Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEP), por cierto con un aumento del 42 por ciento en sus sueldos. Se está intentado en la actualidad una reconstitución de la radioquímica como disciplina, bajo la jefatura de William Parker, quien ha regresado de Brasil donde estuvo trabajando como experto con la Comisión Nacional de Energía Atómica. En el INTEVEP, Lubkowitz ha adquirido una fuente de Californio con un flujo de neutrones suficiente como para analizar el vanadio en las muestras bastante abundantes de petróleo crudo y está en vías de adquirir un "Slow-Poke", pequeño reactor de 0 potencia que permite hacer análisis por activación.

En física neutrónica se ha hecho algún progreso en difracción y dispersión de neutrones bajo la dirección del físico checo, naturalizado ve-

TABLA II  
ESTIMACION DEL AÑO EN QUE LA ENERGIA NUCLEAR  
SERIA NECESARIA EN VENEZUELA

Aumento de la demanda (%/año)	Alternativa Hidroeléctrica **	Año en que se introduciría la energía nuclear
7,0	Moderada	1998
8,5	Moderada	1992
10,0	Moderada	1991
7,0	Acelerada	1997
8,5	Acelerada	1995
10,0	Acelerada	1994

\*\* Moderada: 600 MW/año      Acelerada: 900 MW/año  
Fuente: Texto y gráficas en CONAN, 1978.

nezolano, Lubomir David. De 1969 a 1973 un espectro-difractómetro de neutrones de dos ejes se puso en operación, determinándose la distribución espacial de los flujos de neutrones y sus espectros energéticos. En 1978 se obtuvo otro espectrómetro de tres ejes en calidad de préstamo de los Oak Ridge National Laboratories. Los proyectos incluyen estudios del orden a largo alcance así como de la distribución del momentum magnético de aleaciones binarias y más complejas, propiedades magnéticas, el orden a corto alcance en sólidos y la contribución multifonómica y magnónica a la sección eficaz de dispersión en elementos y aleaciones.

El Departamento de Radiofísica Sanitaria y la Escuela de Isótopos han funcionado sin interrupción, esta última bajo la dirección, desde 1973, de Amado López. El crecimiento de actividades nucleares del IVIC ha sido lento. Es así como el presupuesto total para actividades nucleares en el Instituto que, en 1968 (Rada, 1968) era de 1,563 millones de bolívares (7,4% de un presupuesto total de 20,08 millones), llegó en 1979, en un momento de inflación y de aumento de todos los costos, solamente a 1,926 millones de bolívares (2,6% de un presupuesto total de 72,90 millones de bolívares). Se puede decir que, si bien el Instituto y la comunidad científica venezolana en su totalidad han evolucionado bastante favorablemente, las actividades nucleares han quedado rezagadas.

#### La fisión como fuente de energía

La segunda motivación para la elección nuclear es la necesidad de reemplazar o complementar fuentes más convencionales, tales como el combustible fósil y la energía hidroeléctrica. Hasta hace muy poco, tal motivación no

existía en Venezuela. El 28 de noviembre de 1973, sin embargo, fue creada la primera *Comisión Nacional de Asuntos Nucleares* (CONAN) por decreto del Presidente Rafael Caldera (*Gaceta Oficial*, N° 30267). Esta fue presidida por un abogado y político, Rodolfo José Cárdenas, siendo Miguel Layrisse, científico médico, Vice Presidente (*ex officio* en su calidad de Presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICIT, para entonces). La Comisión duró poco tiempo, ya que el partido de Caldera fue derrotado en las elecciones de diciembre de 1973,

El próximo Presidente, Carlos Andrés Pérez, del partido Acción Democrática, creó por nuevo decreto otra comisión, el 1° de octubre de 1974 (*Gaceta Oficial* N° 30515). Esta fue presidida por el Ministro de Planificación Gumersindo Rodríguez, un político y economista con José A. Velandia, un técnico afiliado al partido de Gobierno, como Vice Presidente. Sin embargo, la nueva comisión no llegó a funcionar bien y es así como el 28 de mayo de 1975 (*Gaceta Oficial*, N° extraordinario 1751) el actual *Consejo Nacional para el Desarrollo de la Industria Nuclear* (CONADIN) fue fundado. Es significativo el cambio de nombre: la tarea principal de la nueva comisión, según se menciona en la *Gaceta Oficial*, era preparar el camino para el desarrollo de una industria nuclear. CONADIN ha funcionado con un presupuesto de unos 1,2 millones de bolívares por año. El Consejo está formado por representantes de los Ministerios de Relaciones Exteriores, Defensa, Fomento, Educación, Sanidad, Energía, CORDIPLAN (Oficina de Planificación y Coordinación de la Presidencia de la República), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) y el

Presidente de la Compañía Gubernamental de Administración y Desarrollo Eléctrico (CADAFE). CONADIN está presidido por el Ministro de Energía y Minas, quien es en la actualidad un ingeniero petrolero. CONADIN actúa como Consejero de la Presidencia de la República.

El motor principal de CONADIN es su Secretario Ejecutivo quien trabaja a pleno tiempo. El primer Secretario fue el Vice-Almirante Jesús Taborda, ingeniero con grado de Master en ingeniería nuclear del M.I.T. El segundo fue el Teniente Coronel Juan Torres Serrano, miembro del ejército, quien ostentaba grado de ingeniería química obtenido en Chile y un doctorado en matemáticas aplicadas a la economía (Dijon, Francia) <sup>7</sup>. Solamente dos de los miembros bajo Taborda y tres bajo Torres Serrano han sido o son científicos.

Una de las actividades principales de CONADIN bajo Taborda era la prospección de uranio, ejecutada por catorce geólogos profesionales. Las muestras eran medidas en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central y en el reactor del IVIC por el método de neutrón retardado. Con la nueva administración, las actividades de prospección han sido trasladadas al Ministerio de Energía y Minas y el número de geólogos ha sido reducido a menos de diez. Existe la intención de aumentar su número en el futuro.

La actividad principal de CONADIN es la planificación para el porvenir. Venezuela tiene que decidir cuándo ha de emplear la fisión como fuente de energía y el CONADIN (1977-1978) ha estado estudiando el asunto bajo diversas circunstancias de demanda de desarrollo y de disponibilidad de energía hidroeléctrica. La Figura 2 muestra los resultados de uno de esos estudios, con la hipótesis de un desarrollo acelerado de energía hidroeléctrica (900 MW por año) y una proyección de aumento de demanda de 8,5 por ciento anual. La Tabla 2 muestra las fechas cuando Venezuela debería empezar a usar la fisión como fuente de energía bajo otras hipótesis.

La gráfica sugiere que la producción de energía hidroeléctrica llegaría a un máximo y luego haría meseta alrededor de 1993. La diferencia en fechas (Tabla 2) entre la utilización de energía nuclear con otras alternativas de demanda y de desarrollo hidroeléctrico no son grandes, y no parecen significativas.

Las cifras que suministra CONADIN son naturalmente sólo

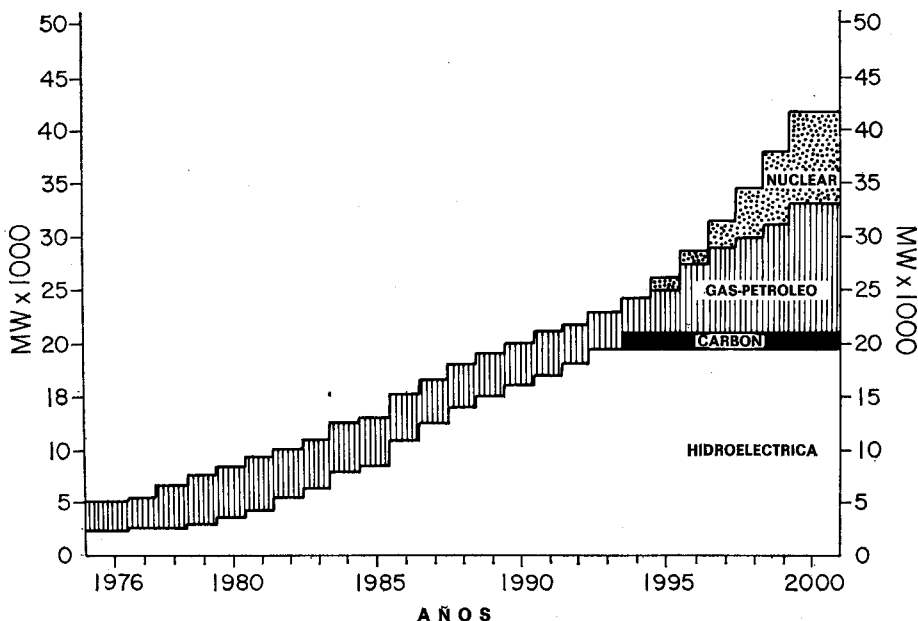


Fig. 2 - Crecimiento de la producción de electricidad en Venezuela (tomado de CONAN, 1978). La proyección presupone una alternativa hidroeléctrica acelerada (900 MW por año) así como un aumento en la demanda de 8,5 por ciento por año.

preliminares. A un extremo, un autor (Carvajal-Osorio, 1978) estima que los aumentos en la demanda de energía en Venezuela serán de por lo menos 19 por ciento anualmente, lo cual haría el uso de la fisión como fuente de energía imperativo antes de las fechas sugeridas por CONADIN. Torres Serrano opina que las cifras reales variarán entre 14 y 15 por ciento anualmente. Sin embargo, el Jefe de Planificación de CADAFE, Héctor Sánchez, ubica el uso de energía nuclear más allá en el futuro —después del año 2000— suponiendo que las reservas petroleras del país son mayores de lo que se piensa generalmente y que los recursos geotérmicos e hidroeléctricos y de carbón no han sido explorados por completo. Un estudio de la Agencia Internacional de Energía Atómica (1978) y CONADIN concluye que la energía nuclear comenzará a ser necesaria en los últimos 4 años del siglo.

Sea cual fuere el caso, es obvio que Venezuela debe pensar en adiestrar un buen grupo de ingenieros nucleares, particularmente a partir de 1985 ya que *en países desarrollados* se necesitan por lo menos diez años entre la decisión de construir y la operación de una planta nuclear de potencia (Zaleski, 1979).

Bajo Taborda había, en 1978, 45 becarios venezolanos que estudiaban en el extranjero en el campo de la energía nuclear y, según Torres Serrano, hay ahora 52, la mayoría estudiando para alcanzar un primer grado universitario. Existe preocupación en

la comunidad académica acerca del rumor de que muchos de estos becarios pertenecen a las fuerzas armadas.

Sin embargo, Taborda afirma que solamente 15 de los 70 becarios actuales o potenciales son militares, y Torres Serrano me manifestó categóricamente que en CONADIN no había ningún interés en utilizar la energía atómica con fines no pacíficos.

CONADIN tiene la intención de elaborar una estructura legal para el uso de la energía atómica que incluiría la creación de una agencia autónoma con capacidad de empresa y dirigida por científicos e ingenieros. Respecto a la elección del tipo de tecnología, no se ha llegado a decisión alguna.

Hasta ahora, las opiniones y los planes de CONADIN no han despertado gran interés en el público o, incluso, entre los científicos y en los círculos de gobierno, quienes no parecen apreciar la necesidad de reactores en un futuro no lejano, cuando los recursos escaseen. Parece ser, sin embargo, de meridiana claridad que, en el año 2000, o el átomo se utiliza como fuente de energía en Venezuela, o bien sus habitantes tendrán que cambiar radicalmente su estilo y nivel de vida <sup>8</sup>. La idea de Taborda —que también acepta Torres Serrano— de construir pronto un reactor de potencia de tamaño mediano (500 MW) para motivar y adiestrar los ingenieros que Venezuela un día u otro pueda necesitar, es razonable, si se quiere conservar la actual tasa de crecimiento

to de la utilización de energía. Si la decisión se llegara a tomar, se puede esperar una reacción adversa por parte del público, especialmente después de accidentes como el de *Three Mile Island*.

En resumen, las actividades nucleares en Venezuela comenzaron en los inicios de la década de los 50, con el uso de isótopos en los campos médicos y biomédicos. En 1954, se tomó la decisión de construir un reactor de 3 MW de tipo piscina. Este fue construido entre 1957 y 1960. El crecimiento de actividades nucleares basadas en el reactor, sin embargo, ha sido lento y esporádico, por la dificultad en el reclutamiento de científicos, el gran recambio de ingenieros y la falta de demanda por sus productos.

El Consejo Nacional para el Desarrollo de la Industria Nuclear (CONADIN) ha estimulado la prospección de uranio y está haciendo planes para el día cuando la fisión se haya de usar como fuente de energía en el país, lo cual debería ocurrir durante los últimos años del siglo.

#### REFERENCIAS

- Burns, A. F. (1978): *Cargo Cult in a Western Town: a Cultural Approach to Episodic Change*. *Rural Sociology*, 43: 164-177.
- Burridge, K. (1969): *New Heaven, New Earth*, Oxford, Basil Blackwell.
- Carvajal-Osorio, H. (1978): "Algunas consideraciones sobre el Problema Energético en Venezuela, con Énfasis en la Nucleo-electricidad". I Congreso Venezolano de Energía, September, Caracas (Mimeografiado).
- CONAN, (1977): "Desarrollo Nuclear en Venezuela - Sector Energía". Presentación ante la Comisión Permanente del Consejo Nacional de la Energía, Caracas (Mimeografiado).
- CONAN, (1978): "Memoria y Cuenta del Ciudadano Secretario Ejecutivo del Consejo Nacional para el Desarrollo de la Industria Nuclear, de la Actividad Cumplida durante el Año 1978. Proyecciones para 1979", Caracas (Mimeografiado).
- CONICIT, (1975): *Resultados Preliminares, 1972-1973*, División de Estadística, Caracas (Mimeografiado).
- CONICIT, (1977): *Resultados Preliminares, 1975*, División de Estadística, Caracas, (Mimeografiado).
- Gasparini, O. (1969): *La Investigación en Venezuela. Condiciones de su desarrollo*. Publicaciones IVIC, Caracas.
- International Atomic Energy Agency (IAEA), (1978), *Estudio de Planificación Nuclear eléctrica para Venezuela*, IAEA. Vienna.
- IVIC, (1965): *La Ciencia, Base de Nuestro Progreso*, Ediciones IVIC, Editorial Arte, Caracas.
- Laboratory of the Issue, (1973): "The Department of Nuclear Technology at the Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas". *J. Radioanalytical Chem.* 14: 207-214.
- Lanternari, V. (1965): *Movimientos religiosos de Libertad y Salvación en los Pueblos Oprimidos*, Traducción castellana, original en italiano, Milán, (1966), Barcelona, Seix Barral.
- Ministerio de Energía y Minas, (1977): *Petróleo y otros datos estadísticos*, Caracas.
- Pérez Jiménez, M. (1968): *Frente a la Infamia*, Publicación de Cruzada Cívica Nacionalista, (Cuarta Edición), Caracas.
- Rada, G. (1968): "Remitido: Breve Historia del Reactor de Pipe", *El Nacional*, 23 July, Caracas.
- Rada, G. (1969): "La Tecnología Nuclear en el IVIC: Retrospectiva y Prospectiva" IVIC, Caracas, (Mimeografiado).
- Roche, M. (1976): "Early History of Science in Spanish America". *Science*, 194: 806-809.
- Salcedo-Bastardo, J. L. (1976): *Historia Fundamental de Venezuela*. Ediciones de la Biblioteca, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- United Nations, (1977), *World Statistics in Brief*, U. N., New York.
- Uzcátegui, D. de, Hobaica, J. A. de, Rodríguez Ortiz, R., Antonorsi Blanco, M., Avalos Gutiérrez, I. Villanueva Brandt, M. (1973): *Diagnóstico de la Actividad de Investigación y Desarrollo Experimental que se Realiza en el País*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Caracas.
- Worsley, P. 1968 (2ª edición): *The Trumpet Shall Sound (A Study of "Cargo" Cults in Melanesia)*, New York, Schocken Books.
- Zaleski, C. P. L. (1979): "Energy Choices for the Next 15 Years: a View from Europe", *Science*, 203: 849-851.

#### NOTAS

1. Véase sin embargo, pág. 88, columna 2, párrafo 1.
2. Su actual población es de alrededor de 14 millones de habitantes.
3. Diario *El Nacional*, 1979, 11 de febrero, pág. 1.
4. El autor de este artículo, también médico, tomó un curso en Oak Ridge en 1953, sin imaginarse que este hecho haría de él un "experto" en energía atómica —lo cual demuestra nuestro subdesarrollo científico pasado—.
5. El costo total llegó más o menos a 15 millones de bolívares (US\$ dólares 3,44 millones). En la actualidad se estima que el costo del reactor sólo, sin los edificios, ha subido a 75 millones de bolívares (William Parker, comunicación personal).
6. En 1978 unos 1,2 millones de bolívares (US\$ dólares 0,28 millones) en isótopos, en su mayoría para trabajos biomédicos, se importaban anualmente, de acuerdo con Jesús Taborda, el entonces Secretario Ejecutivo del Consejo Nacional de Energía Atómica. En la actualidad (1980) esta cifra habría ascendido a 2,3 millones de bolívares (William Parker, comunicación personal).
7. A partir de septiembre de 1980 el Secretario Ejecutivo del Consejo Nacional de Energía Atómica es el Dr. César Pineda, un internacionalista.
8. Al menos para ese minoritario porcentaje de la población que "vive bien". Mi amigo el sociólogo José Agustín Silva Michelena me comunica que tal minoría está constituida por el 25 por ciento de la población (que gana más de Bs. 5.000/mes (US\$ 13.000/año) ).

#### AGRADECIMIENTO

Agradezco el asesoramiento de Jesús Taborda, Juan Torres Serrano, William Parker, Joaquín Lubkowitz y Lubomir David. El texto final, sin embargo, es de mi entera responsabilidad.